

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**CARLOS ANDRÉ STUEPP**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var.  
*mikado*) POR ESTACAS DE SECÇÕES CAULINARES E DE RAIZ**

**CURITIBA-PR**

**2013**

**CARLOS ANDRÉ STUEPP**

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var.  
*mikado*) POR ESTACAS DE SECÇÕES CAULINARES E DE RAIZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas

Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler  
Dr. Ivar Wendling

**CURITIBA-PR**

**2013**

## **DEDICATÓRIA**

*A Deus, por tudo.*

*Aos meus pais, Felisberto e Verônica Stuepp,  
que representam o alicerce para a condução de  
minha vida, por todo o apoio a meus sonhos.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar.

À toda minha família, que de forma direta ou não fez-se presente nesta conquista e, em especial à meus pais, Felisberto e Verônica Stuepp, por todo o apoio, compreensão e incentivo para superação desta etapa, por sua participação direta em todos os trabalhos realizados em Santa Catarina e por seu apoio incondicional ao projeto, muitas vezes deixando em segundo plano seus compromissos pessoais.

A minha orientadora Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas e família por todo o esforço desempenhado em favor de minha formação e, sobretudo, por ter me acolhido como seu orientado e a mim confiado um projeto de tamanha grandeza. Assim como meu conhecimento, ao longo destes dois anos, minha admiração e respeito por seu trabalho cresceram de maneira imensurável, sem sombra de dúvidas, uma pessoa, professora, orientadora muito especial.

Aos meus co-orientadores Dr. Henrique Soares Koehler e Dr. Ivar Wendling pela parceria, auxílio, sugestões e ensinamentos durante a realização desse trabalho.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa em Estaquia (GEPE) da Universidade Federal do Paraná: Alex C. Pimenta, Arthur H. Weiser, Bárbara G. A. Ferreira, Eliziane Guédes, Ernani A. O. Mossanek, Helena Cristina Rickli, Gustavo Macanhão, Isabelle Lourenço de Almeida, Luciele Zem, Paulo G. Mazeto e Rodrigo Nicknich pela amizade, sugestões e auxílios que de alguma forma enriqueceram meu trabalho.

À Profª Dra. Cleusa Bona, suas orientadas de mestrado Ligia Piazza, Deni Flores e ao técnico Nilson Belém Filho pelo auxílio nas análises anatômicas.

À Profª Dra. Thelma Alvim Veiga Ludwig toda a equipe do Laboratório de Ficologia do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

Aos professores Dr. João Domingos Rodrigues, Dra. Cyntia Maria Wachowicz e Dr. Átila Francisco Mógor pela participação da banca examinadora e por todas as contribuições.

Aos amigos da Embrapa Florestas Décio Adams Junior, Harry Albino Hoffmann, Joel Nunes da Veiga, Leonides de Jesus Tanner e Vero Oscar Cardoso dos Santos por todo o auxílio e ensinamentos passados durante os experimentos e pela grande amizade construída a cada dia.

Ao Dr. Antonio Nascim Kalil Filho, por seu auxilio na elaboração do projeto, paciência, simplicidade e sobretudo, pela amizade criada.

À Rosimeri de Oliveira Fragoso, minha companheira, por sua participação constante nas correções e pareceres e, sobretudo, por sua atenção, respeito e dedicação. Por representar em minha vida o sumo dos valores da ética.

Agradeço também ao meu primo Aloisio Josué Stupp e ao colega de residência Leandro Augusto Ferraz Dos Santos Junior pela amizade e auxilio nas correções.

À todas as pessoas especiais que passaram por minha vida até este momento, que participaram direta ou indiretamente dela e que de alguma forma somaram suas experiências ao meu conhecimento.

À Embrapa Florestas por disponibilizar recursos à realização deste trabalho; ao senhor Nilvo José Mees pela disponibilidade de utilização das árvores plantadas em sua propriedade; e à CAPES pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa.

## RESUMO

*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* é uma espécie arbórea, pertencente à família Scrophulariaceae, originária do leste da Ásia, popularmente conhecida como quiri. Apresenta crescimento acelerado e madeira de baixa densidade associados à resistência natural ao ataque de insetos xilófagos e ao apodrecimento sendo, desta forma, recomendada para diversos fins, tais como a produção de pequenas embarcações, pranchas de surf, raquetes de tênis, remos para competições, aeromodelismo, entre outros. É comumente propagada por sementes ou estacas de raízes, sendo os métodos convencionais de propagação sexuada inviáveis, em virtude de doenças e problemas com pragas, baixa germinação e lento crescimento do sistema radicular. Estudos sobre sua propagação por via assexuada são bastante incipientes; por meio da rebrota de raízes resultam mudas com alto grau de heterogeneidade, sendo escassos os relatos da propagação massal da espécie. Nesse contexto, a presente dissertação teve como objetivo geral buscar, por meio de diferentes metodologias de propagação de plantas, uma alternativa viável para resgate de matrizes de *P. fortunei*, pelas técnicas de estaquia caular e estaquia de raízes, coletadas em diferentes estações do ano e com a aplicação da auxina ácido indol butírico (IBA). Exceto para estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, nos experimentos de estaquia caular, foram mantidas duas folhas terminais reduzidas a um círculo com um diâmetro de 10 cm (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar). Para a estaquia de brotações do ano de *P. fortunei* coletados em três estações foram utilizadas estacas caulinares lenhosas, com aproximadamente 12 cm de comprimento, com e sem folhas, submetidas a tratamentos com 0, 500, 1000 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, além da análise anatômica da base das estacas. Os resultados mostraram que a ausência de folhas resultou em maior enraizamento em todas as estações comparadas neste estudo, não havendo diferenças significativas entre as estações do ano; no entanto, o outono/2011 apresentou a maior porcentagem de enraizamento (12.75%). A utilização de IBA não se mostrou eficiente para indução radicial e a presença de feixes de fibras no córtex não se confirmou como uma barreira anatômica ao enraizamento das estacas. Para o experimento de estaquia com brotações epicórmicas provenientes de decepta de árvores adultas, foram utilizadas estacas caulinares semilenhosas, com aproximadamente 12 cm de comprimento, com e sem folhas, em três estações do ano, com a aplicação de 0, 500, 1000 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA na base das estacas, sendo estas mantidas em casa de vegetação por 60 dias. O verão apresentou o melhor resultado para enraizamento (47.50%), com efeito significativo do IBA, sendo recomendada a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>. Para o experimento de miniestaquia, mudas da espécie foram conduzidas em sistema semi-hidropônico contendo areia de granulometria média lavada para formação de minicepas. Os experimentos foram realizados em cinco coletas sucessivas, utilizando-se miniestacas caulinares semilenhosas, com aproximadamente 8 cm de comprimento, sendo mantidas em casa de vegetação por um período de 30 dias. As minicepas apresentaram 100% de sobrevivência e uma produção média entre 75.93 e 113.53 miniestacas/m<sup>2</sup>/mês. O enraizamento alcançou 90% na quinta coleta. A miniestaquia de quiri apresenta-se tecnicamente viável, sendo uma ótima alternativa para o enraizamento desta espécie. Para o experimento de estaquia caular, comparando o uso de estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta e de brotações epicórmicas de galhos mantidos em casa de vegetação, coletadas na primavera/2011, com a aplicação de 0, 500, 1000 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, foram utilizadas estacas caulinares semilenhosas, com 12 e 10 cm de comprimento, respectivamente. Foi possível concluir que o uso de estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos é mais eficiente para o enraizamento em comparação às provenientes de decepta, alcançado 58.12% de enraizamento. A utilização de

IBA não se mostrou eficiente para indução radicial. Para o experimento de estaquia de raízes utilizando-se estacas lenhosas com aproximadamente 5 cm de comprimento, coletadas em três estações do ano, submetidas a tratamentos com 0, 150, 300 e 450 mg Kg<sup>-1</sup> de BAP os resultados mostraram-se pouco promissores, não havendo diferenças significativas entre as estações do ano para o índice de brotamento de estacas, sendo o maior valor verificado no verão/2012 (11.25%). A utilização de BAP não se mostrou eficiente para indução de brotos adventícios, sendo os baixos resultados atrelados à alta umidade a qual foram expostas as estacas durante o experimento. Não foi observada influência das diferenças anatômicas sobre a formação de brotos e emissão de novas raízes.

**Palavras chaves:** Estaquia, auxinas, citocininas, rejuvenescimento.

## ABSTRACT

*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *Mikado* is a tree that belongs to the Scrophulariaceae family, native from eastern Asia and popularly known as *quiri*. It present fast growth and also a low-density wood associated to a natural resistance from xylophages attacks and wood rot. Thus, it is recommended for several different purposes such as production of small boats, surfboards, tennis racquets, oars for competitions, aeromodelling, and others. The tree is commonly propagated by seeds or cuttings of roots, since conventional methods of sexual propagation are unfeasible due to problems with pests and diseases, low germination and slow growth of the root system. However, it's a sexual propagation is quite incipient; through the regrowth of the roots results into seedlings presenting a high level of heterogeneity, with few reports of mass propagation of the species. In this context, this current thesis aimed to seek for different methods of plant propagation within a viable alternative to rescue matrices of *P. fortunei*, through techniques of stem cuttings and root cuttings collected during different seasons and applying auxin indolebutyric acid (IBA). Except for cuttings from epicormic shoots of branches, in the experiments of stem cuttings, two terminal leaves had kept reduced to a circle with a diameter of 10 cm (78.5 cm<sup>2</sup> leaf area). For cuttings of shoots of the *P. fortunei*, which had been collected in three seasons, woody stem cuttings have been used, of approximately 12 cm long, with and without leaves, submitted to treatments with 0, 500, 1000 and 2000 mg L<sup>-1</sup> of IBA, besides the anatomical analysis of the cuttings basis. The results have shown that the absence of leaves resulted in higher rooting from all the seasons that have been compared in this study, with no meaningful differences among the seasons; however, the autumn of 2011 had shown the highest rooting percentage (12.75%). The use of IBA had not presented efficiency for roots induction and the presence of fiber bundles in the cortex had not been confirmed as an anatomical barrier for rooting. For the epicomic shoots cutting experiment from mature coppiced trees, hardwood stem cuttings have been used, from approximately 12 cm long, with and without leaves, also during three seasons, with application of 0, 500, 1000 and 2000 mg L<sup>-1</sup> IBA at the base of the cuttings, which were kept in a greenhouse for 60 days. The summer results had shown the best rooting (47.5%), with a significant IBA effect, recommending a concentration of 2000 mg L<sup>-1</sup>. For the mini-cuttings experiment, seedlings of the species have been conducted in a semi-hydroponic system containing medium sand washed for ministump formation. The experiments were performed in five consecutive samplings, using hardwood stem cuttings, of approximately 8 cm long, being kept in a greenhouse for a period of 30 days. Ministumps had shown 100% survival rate and an average production between 75.93 and 91.87 mini-cuttings/m<sup>2</sup>/month. Rooting was 90% in the fifth sample. The mini-cutting of *quiri* reveals itself as technically feasible and it is a great alternative for rooting of this species. For the experiment of stem cuttings, compared the use of cuttings from epicormic shoots of coppicing and epicormic shoots of branches kept in a greenhouse, collected in the spring of 2011, with the application of 0, 500, 1000 and 2000 mg L<sup>-1</sup> IBA, softwood stem cuttings were used, with 12 and 10 cm, respectively. It has been concluded that the use of cuttings from epicormic shoots of branches



is more efficient for rooting compared to those coming from coppicing, reaching 58.12% of rooting. The use of IBA was not effective for inducing roots. For the experiment of cutting of roots using hardwood cuttings of approximately 5 cm long, collected during three seasons, submitted to treatment with 0, 150, 300 and 450 mg kg<sup>-1</sup> of BAP, the results have been unpromising, with no significant differences among the seasons for the budding index of cuttings, being the highest rating recorded in 2012 summer (11.25%). The use of BAP had not been effective for inducing adventitious shoots, and the poor results are linked to the high humidity which the stakes were exposed during the experiment. There has been no influence of anatomical differences over the formation of shoots and issuance of new roots.

**Keywords:** Cuttings, auxin, cytokinins, rejuvenation.

## SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS.....	12
	LISTA DE TABELAS.....	15
1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	23
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	CARACTERIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE.....	25
2.2	RESGATE DE MATRIZES.....	27
2.2.1	RESGATE POR INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS POR DECEPA DE ÁRVORES ADULTAS.....	28
2.2.2	RESGATE POR INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	29
2.3	PROPAGAÇÃO ASSEXUADA.....	30
2.3.1	ESTAQUIA.....	32
2.3.1.1	ESTAQUIA CAULINAR.....	36
2.3.1.2	ESTAQUIA DE RAÍZES.....	38
2.3.2	MINIESTAQUIA.....	39
2.4	FATORES RELACIONADOS AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS...	41
3.	CAPITULO I: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS CAULINARES LENHOSAS DE QUIRI ( <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. Var. <i>Mikado</i> ) COM E SEM FOLHAS ORIUNDAS DE BROTAÇÕES DO ANO UTILIZANDO ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	45
3.1	INTRODUÇÃO.....	47
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.2.1	ESTAQUIA.....	50
3.2.2	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	53
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
3.3.1	ESTAQUIA.....	55
3.3.1.1	COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS ESTAÇÕES DO ANO ESTUDADAS.....	55
3.3.1.2	OUTONO/2011.....	58

3.3.1.3	PRIMAVERA/2011.....	69
3.3.1.4	VERÃO/2012.....	78
3.3.2	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	87
3.4	CONCLUSÕES.....	89
	REFERÊNCIAS.....	90
4.	CAPÍTULO II: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE QUIRI ( <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> ) PROVENIENTES DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA DE ÁRVORES ADULTAS UTILIZANDO ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	95
4.1	INTRODUÇÃO.....	97
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	100
4.2.1	ESTAQUIA.....	100
4.2.2	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	103
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
4.4	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	115
4.5	CONCLUSÕES.....	117
	REFERÊNCIAS.....	118
5.	CAPÍTULO III- ENRAIZAMENTO DE MINISTACAS DE QUIRI ( <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> ) PROVENIENTES DE MINIJARDIM CLONAL.....	121
5.1	INTRODUÇÃO.....	123
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	125
5.2.1	MINIESTAQUIA.....	125
5.2.2	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	128
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	129
5.3.1	SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS.....	131
5.3.2	ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS.....	133
5.4	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	139
5.5	CONCLUSÕES.....	141
	REFERÊNCIAS.....	142

6.	CAPÍTULO IV: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE QUIRI ( <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> ) ORIUNDAS DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA A CAMPO E DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO (IBA).....	146
6.1	INTRODUÇÃO.....	148
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	151
6.2.1	ESTAQUIA.....	151
6.2.1.1	BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPAS.....	151
6.2.1.2	BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	154
6.2.1.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	157
6.2.2	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	157
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	159
6.4	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	172
6.5	CONCLUSÕES.....	175
	REFERÊNCIAS.....	176
7.	CAPÍTULO V: BROTAMENTO DE ESTACAS DE RAIZ DE QUIRI ( <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> ) PELA APLICAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE 6-BENZILOAMINOPURINA (BAP) EM DIFERENTES ESTAÇÕES.....	179
7.1	INTRODUÇÃO.....	181
7.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	183
7.2.1	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	185
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	187
7.4	ANÁLISES ANATÔMICAS.....	198
7.5	CONCLUSÕES.....	200
	REFERÊNCIAS.....	201
8.	CONCLUSÕES GERAIS.....	205
9.	REFERÊNCIAS.....	206

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Vista geral das estacas proveniente de brotações do ano de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A) Confeccionada com um par de folhas; B) Confeccionada sem folhas.....	51
Figura 1.2	Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas entre os meses de março/2011 a abril/2012.....	52
Figura 1.3	Médias gerais das porcentagens de enraizamento, estacas com calos, estacas mortas e estacas brotadas de estacas provenientes de brotações do ano de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , confeccionadas com e sem folhas, coletadas nas estações do outono/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	56
Figura 1.4	Enraizamento em estacas sem folhas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono/2011.....	62
Figura 1.5	Presença de calos em estacas com folhas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono/2011.....	66
Figura 1.6	Secções transversais de estacas caulinares lenhosas, provenientes de brotações do ano de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A. Vista geral do corte na estação do outono; B. Vista geral do corte na estação da primavera; C. Vista geral do corte na estação do verão: Súber (S), felogênio (F), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), feixes de esclerênquima (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), xilema secundário (Xls) e medula (M). ....	88
Figura 2.1	Decepa de plantas matrizes de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> : A. A altura de 2,0 m do solo; B. Brotações epicórmicas oriundas de decepa, 3 meses após a decepa; C. Aspecto geral das estacas semilenhosas.....	101
Figura 2.2	Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas, entre os meses de março/2011 a abril/2012.....	102

Figura 2.3	Enraizamento em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no verão/2012. ....	108
Figura 2.4	Porcentagens de enraizamento e de formação de calos em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com a aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico.....	111
Figura 2.5	Secções transversais de estacas caulinares semilenhosas, provenientes de brotações epicórmicas de deceptas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A. Vista geral do corte na estação do outono; B. Vista geral do corte na estação da primavera; C. Vista geral do corte na estação do verão: Epiderme (Ep), parenquima cortical (Pc), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), feixes de esclerênquima (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), xilema secundário (Xls) e medula (M).....	116
Figura 3.1	Minicepas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> : <b>A.</b> Uma semana após a poda apical para condução; <b>B.</b> 30 dias após a poda apical apresentando o perfil das brotações coletadas; <b>C.</b> Aspecto geral da miniestaca semilenhosas.....	125
Figura 3.2	Médias das temperaturas máximas médias e mínimas dentro da casa de vegetação da Embrapa Florestas, entre os meses de janeiro/2012 e julho/2012.....	127
Figura 3.3	Secção transversal de miniestacas caulinares de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . Epiderme (Ep), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras não esclerificados (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp) e xilema secundário (Xls).....	140
Figura 4.1	Decepta de plantas matrizes de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> : A. A altura de 2,0 m do solo; B. Brotações epicórmicas oriundas de decepta, 3 meses após a decepta; C. Aspecto geral das estacas semilenhosas.....	152

Figura 4.2	Médias das temperaturas máximas médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas entre os meses de março/2011 a abril/2012.....	154
Figura 4.3	Galhos provenientes de plantas matrizes de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> : <b>A.</b> Recém colocadas em casa de vegetação; <b>B.</b> 30 dias após a instalação, evidenciando as brotações epicórmicas; <b>C.</b> Aspecto geral das estacas semilenhosas.....	155
Figura 4.4	Secções transversais de estacas caulinares semilenhosas, provenientes de brotações epicórmicas de decepta (A e B) e brotações epicórmicas de galhos (C e D) de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A. Vista geral do corte transversal: Medula (M); B. Epiderme (E), Células colenquimáticas (Cc), Células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras (Fe), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), Xilema secundário (Xls), Raios parenquimáticos (Rp); C. Vista geral do corte transversal: Medula (M); D. Epiderme (E), Células colenquimáticas (Cc), Células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras (Fe), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), Raios parenquimáticos (Rp), Xilema secundário (Xls), Medula (M).....	174
Figura 5.1	Coleta de raízes de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A. Aspecto geral das plantas matrizes; B. Retirada das raízes do solo; C. Aspecto geral das raízes coletadas após a lavagem; D. Aspecto geral da estaca de raiz; E. Aplicação de 6-benzilaminopurina (BAP) na extremidade superior da estaca; F. Aspecto geral da instalação do experimento de estaquia de raiz em estufa da Embrapa Florestas, Colombo – PR.....	185
Figura 5.2	Secções transversais de estacas caulinares lenhosas, provenientes de raízes de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> . A. Vista geral do corte na estação do inverno; B. Vista geral do corte na estação da primavera: Suber (S), Parênquima cortical (Pc), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), Faixas do xilema secundário (Fxls) e xilema secundário (Xls); C. Vista geral do corte na estação do verão; D. Corte evidenciando os raios medulares (Rm) e esclereídes (Es).....	199

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, mortalidade, sobrevivência e porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) no outono/2011.....	59
Tabela 1.2	Porcentagem de enraizamento em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	60
Tabela 1.3	Número de raízes/estaca de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	63
Tabela 1.4	Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011....	64
Tabela 1.5	Porcentagem de calos em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	65
Tabela 1.6	Porcentagem de sobrevivência em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	66
Tabela 1.7	Mortalidade em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	67



Tabela 1.8	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.....	68
Tabela 1.9	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) na primavera/2011.....	70
Tabela 1.10	Porcentagem de enraizamento em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	71
Tabela 1.11	Número de raízes/estaca em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	73
Tabela 1.12	Comprimento médio das três maiores raízes/estaca de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	74
Tabela 1.13	Porcentagem de estacas com calos em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	75
Tabela 1.14	Porcentagem sobrevivência de estacas em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	76

Tabela 1.15	Porcentagem de mortalidade em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	76
Tabela 1.16	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.....	77
Tabela 1.17	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) no verão/2012.....	79
Tabela 1.18	Porcentagem de enraizamento em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	80
Tabela 1.19	Número de raízes/estaca em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	82
Tabela 1.20	Comprimento médio das três maiores raízes/estaca de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	83
Tabela 1.21	Porcentagem de estacas com calos em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	83

Tabela 1.22	Porcentagem sobrevivência de estacas em <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	84
Tabela 1.23	Porcentagem de mortalidade em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	85
Tabela 1.24	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.....	86
Tabela 2.1	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento de estacas, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, porcentagem de estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA), nas estações de outono e primavera/2011 e verão/2012.....	105
Tabela 2.2	Porcentagem de enraizamento de estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	106
Tabela 2.3	Número de raízes/estaca de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	109
Tabela 2.4	Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	110

Tabela 2.5	Porcentagem de calos em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	111
Tabela 2.6	Porcentagem de sobrevivência em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	112
Tabela 2.7	Porcentagem de mortalidade em estacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	113
Tabela 2.8	Porcentagem de estacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	114
Tabela 3.1	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/miniéstaca, comprimento médio das três maiores raízes/miniéstaca, miniéstacas com calos, sobrevivência, mortalidade e miniéstacas brotadas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> .....	130
Tabela 3.2	Intervalo entre as coletas, número de minicepas, número de miniéstacas/coleta, média de miniéstacas/m <sup>2</sup> /coleta e número de miniéstacas/m <sup>2</sup> /mês de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , instaladas em canaletão, entre abril e junho/2012.....	131
Tabela 3.3	Porcentagem de enraizamento, número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes/miniéstacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , provenientes de cinco coletas sucessivas, entre abril e junho/2012.....	133

Tabela 3.4	Porcentagem de miniestacas com calos, sobrevivência, mortalidade, porcentagem de miniestacas brotadas e porcentagem de manutenção de folhas em miniestacas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , provenientes de cinco coletas sucessivas, entre abril e junho/2012.....	136
Tabela 4.1	Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade, e porcentagem de estacas brotadas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA), na estação da primavera/2011.....	160
Tabela 4.2	Porcentagem de enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	161
Tabela 4.3	Número de raízes em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	163
Tabela 4.4	Comprimento médio das três maiores raízes em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	164
Tabela 4.5	Porcentagem de calos em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	166

Tabela 4.6	Porcentagem de sobrevivência em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	167
Tabela 4.7	Porcentagem de mortalidade em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	168
Tabela 4.8	Porcentagem de manutenção de folhas em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	169
Tabela 4.9	Porcentagem de emissão de brotos em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepadas e de galhos de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).....	171
Tabela 5.1	Resultados da análise de variância para a porcentagem de emissão de brotos, número de brotos/estaca, comprimento médio dos três maiores brotos/estaca, porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos e mortalidade em estacas de raiz provenientes árvores adultas de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , tratadas com diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP), nas estações de inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	188
Tabela 5.2	Porcentagem de emissão de brotos em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	189

Tabela 5.3	Número de brotos em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	191
Tabela 5.4	Comprimento médio dos três maiores brotos em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	191
Tabela 5.5	Porcentagem de emissão de novas raízes em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	193
Tabela 5.6	Número de raízes/estaca em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 verão/2012.....	194
Tabela 5.7	Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	195
Tabela 5.8	Porcentagem de calos em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	196
Tabela 5.9	Porcentagem de mortalidade em estacas de raiz de <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl. var. <i>mikado</i> , coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.....	197

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

*Paulownia* é um gênero arbóreo da família Scrophulariaceae natural da China, conhecido popularmente como quiri, possui uma ampla distribuição, alcançando altitudes de até 2400 metros. Das espécies que pertencem a este gênero, as mais conhecidas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana* e *P. tomentosa* (ZHU *et al.*, 1986). Apresenta como características um crescimento acelerado e uma madeira de baixa densidade, associados a uma resistência natural ao ataque de insetos xilófagos e ao apodrecimento, sendo, desta forma, recomendado para diversos fins (PRESTON, 1983). Têm ampla importância comercial em função de algumas características apresentadas, como rápido crescimento, boa adaptação a condições de solos de baixa fertilidade natural ou em processo de degradação antrópica, entre outras (WANG; SHOGREN, 1992).

Os primeiros registros de sua introdução no Brasil são do Estado de São Paulo, feita exclusivamente com sementes. Posteriormente, a propagação de *Paulownia* passou a ser feita com pedaços de ramos (estacas caulinares) e, depois, com pedaços de raízes (estacas de raiz) onde em condições naturais, resultavam em bons índices de formações de mudas (MURAIAMA; SAKAMOTO, 1976). No entanto, fatores, como a falta de técnicas de controle de pragas e a dificuldade no estabelecimento da comercialização da madeira ao final do ciclo, levaram essa espécie ao esquecimento.

Por volta de 1990, pequenos produtores rurais do Estado de Santa Catarina, estimulados pela sugerida qualidade da madeira, realizaram plantios de quiri, sendo que em 2010, visando buscar uma melhor apreciação financeira ao produto, foi realizada uma busca de mercado para comercialização de aproximadamente 30 m<sup>3</sup> de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* na forma de tábuas. Tal fato possibilitou à espécie, a abertura de um mercado que antes era negligenciado ou desconhecido pelo setor florestal brasileiro, valorizando a utilização de sua madeira na produção de pequenas embarcações, pranchas de surf, raquetes de tênis, remos para competições, aeromodelismo, entre outros.

A produção de mudas a partir de sementes para o gênero *Paulownia* é considerada lenta, além de apresentar como resultado uma grande variação fenotípica devido à variação genética própria da reprodução sexual. Por outro lado, o método de propagação vegetativa convencional tem se mostrado interessante para a obtenção de uma grande quantidade de



mudas em curto espaço de tempo (BERGMANN, 1997). Porém, no Brasil não existem trabalhos que apresentem de uma forma concisa protocolos de propagação para este gênero.

Diversos trabalhos têm despertado interesse silvicultural em função dos bons resultados encontrados na América do Norte, principalmente Estados Unidos e México, com *Paulownia elongata*, e também na Austrália, com *P. fortunei*, tendo em vista suas excepcionais características de crescimento e seu fácil manejo silvicultural (BERGMANN, 1998). Assim, faz-se necessário conhecer as características reprodutivas e estratégias de propagação dessa espécie como um dos pré-requisitos para alcançar sucesso no ciclo de produção da mesma, possibilitando assim a produção de mudas com maior qualidade e em quantidade suficiente para suprir as demandas de mercado.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo aprofundar o estudo sobre o processo de propagação assexuada de quiri, a fim de propor um protocolo que apresente de forma clara e detalhada a técnica de resgate e propagação vegetativa de matrizes, gerando uma alternativa de fortalecimento da silvicultura da espécie.

O primeiro capítulo aborda o enraizamento de estacas de quiri (*Paulownia fortunei* var. *mikado*) com e sem folhas oriundas de brotações do ano, verificando a influência de diferentes estações do ano e concentrações de ácido indol butírico (IBA) utilizadas, na indução do sistema radicial.

O segundo capítulo descreve a estaquia de *Paulownia fortunei* var. *mikado* proveniente de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas, instaladas em três estações do ano.

O terceiro capítulo busca avaliar a formação de minijardim de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, e o posterior enraizamento de miniestacas com aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

O quarto capítulo visa estudar a relação entre o enraizamento de estacas oriundas de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas e de galhos em casa de vegetação, sob efeito da aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) em *Paulownia fortunei* var. *mikado*.

O quinto capítulo relata o brotamento de estacas de raiz de *Paulownia fortunei* var. *mikado* sob influência da aplicação de diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP) em diferentes estações do ano.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE

*Paulownia*, gênero arbóreo da Família Scrophulariaceae, é originário do leste da Ásia, popularmente conhecido como quiri. Das 15 espécies pertencentes a este gênero as mais conhecidas e cultivadas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana*, e *P. tomentosa* (BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Data de 1956 a introdução do quiri no Brasil, sendo relativamente escassa a bibliografia sobre pragas e outros agentes prejudiciais a esta essência florestal. Esse gênero foi também introduzido na América do Norte, Austrália, Europa e Japão para diferentes fins (KUMAR *et al.*, 1999).

O gênero *Paulownia* e seus híbridos naturais ocorrem em zonas subtropicais e tropicais da China, Formosa, Vietnã e Laos, onde a temperatura máxima atinge 40 °C e a mínima em torno de 10 °C. Apresenta características ecofisiológicas comuns a espécies pioneiras, como sementes com dormência fisiológica (fotoblásticas positivas), germinação epígea e necessidade de intensa luminosidade para que suas plantas se desenvolvam (BORTHWICK *et al.*, 1964; BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Apresentam também folhas caducas e um fuste cilíndrico, reto e longo, com casca rugosa e pouco espessa, folhas simples, cartáceas e pecíolo longo (LORENZI *et al.*, 2003).

Estudos na China constataram que a arborização de culturas agropecuárias com *Paulownia elongata* reduziu em 20% a 30% a velocidade do vento. Para tal finalidade, o sistema radicular é fator preponderante na escolha das espécies florestais a serem utilizadas, sendo que o quiri mantém apenas 12% de suas raízes entre 0-40 cm de profundidade (CHINESE ACADEMY OF FORESTRY STAFF, 1986).

Árvores desse gênero apresentam ainda madeira leve e de boa resistência, de grande aplicação fora do Brasil, para confecção de objetos leves como caixas, forros, salto de sapatos, entre outros. Possuem um ótimo potencial paisagístico, tendo em vista sua exuberante florada em racemos terminais grandes, com flores tubulosas pediceladas de cor branca azulada que surgem nos meses de primavera, antes do surgimento de sua folhada (LORENZI *et al.*, 2003). São amplamente utilizadas na construção de casas, fabricação de celulose e papel, móveis, implementos agrícolas, instrumentos musicais e artesanato. Além

dos já citados usos madeireiros, há registros de plantios para fins medicinais, extração de óleos de suas sementes, forragem, adubo, carvão e para fins de recuperação de minas após o término de sua exploração (TURNER *et al.*, 1988). Apesar de ser natural da Ásia, o quiro tem sido amplamente plantado na América do Norte, a partir de Montreal em direção à Flórida e no oeste de Missouri e Texas, bem como em alguns estados do oeste dos Estados Unidos (BONNER, 1990).

## 2.2 RESGATE DE MATRIZES

A maturação em plantas lenhosas é um assunto de extrema importância tendo-se em vista sua participação direta nos processos fisiológicos dos vegetais, gerando entre outros efeitos, variações na capacidade de propagação vegetativa, nas taxas e formas de crescimento, na qualidade e rapidez na formação de raízes, todos relacionados à transição para o estado maduro (WENDLING; XAVIER, 2001).

Na propagação vegetativa, bem como em diversas fases da silvicultura, faz-se necessária a identificação de quais indivíduos ou órgãos e tecidos se apresentam juvenis ou podem ser rejuvenescidos. Esse processo de regulação da maturação em plantas não é ainda elucidado, devendo-se ressaltar que, em espécies florestais, há uma carência ainda maior de informações referentes a essa técnica, sendo, para algumas espécies bastante contraditórias (HACKETT, 1987).

O resgate de matrizes é caracterizado pela obtenção de material juvenil com capacidade de originar raízes adventícias. Na prática, o rejuvenescimento, ou reversão à juvenilidade de matrizes adultas é normalmente alcançado a partir de brotações epicórmicas oriundas da cepa, após o corte raso da árvore superior selecionada. Porém, em muitos casos, esta técnica não é suficiente para a obtenção de brotação destes indivíduos e, dependendo de seu valor genético ou histórico, é necessário empregar métodos especiais de resgate sem o abate da planta matriz. Entre as técnicas utilizadas, citam-se o anelamento da base do caule, o uso do fogo na base da árvore e o uso de galhos podados mantidos em casa de vegetação sob nebulização intermitente, visando a sua brotação para produção de estacas (ALFENAS *et al.*, 2004).

Entretanto, existem diversas práticas hortícolas e florestais que podem manter uma planta em seu estado fisiológico juvenil com a finalidade de ampliar seu potencial de enraizamento adventício. A busca pelo desenvolvimento desses sistemas para a obtenção de populações inteiramente juvenis ou em estado de transição passou a revolucionar a silvicultura clonal (HARTMANN *et al.*, 2011).

Essa transição da fase juvenil para adulta pode alterar a capacidade de enraizamento adventício das plantas (WENDLING; XAVIER, 2001), sendo que a perda da capacidade de formar raízes é um dos principais efeitos da maturação (DIAZ-SALA *et al.*, 1996). Desta forma, gera-se um problema, quando a facilidade em se alcançar este objetivo está

inversamente relacionada à idade da planta matriz, uma vez que grande parte das características desejáveis pode não ser expressa antes que a mesma atinja sua maturidade fisiológica (HARTMANN *et al.*, 2011).

Com relação às técnicas de rejuvenescimento de plantas adultas, além das já citadas, baseadas na indução de brotações epicórmicas, em que os brotos são obtidos em estado juvenil, têm-se ainda o método de enxertia, onde se utilizam tecidos que, devido à sua posição na árvore, encontram-se fisiologicamente maduros e, por consequência, menos propensos ao enraizamento. Assim, clones obtidos de matrizes sem prévio rejuvenescimento, podem não expressar todo o seu potencial de crescimento (ALFENAS *et al.*, 2004).

### **2.2.1 RESGATE POR INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS POR DECEPA DE ÁRVORES ADULTAS**

Uma vez que plantas matrizes são selecionadas para multiplicação assexuada, desde que devidamente identificadas individualmente, seus propágulos enraizados passam a constituir clones, sendo que o material propagado vegetativamente servirá para realizar o resgate deste material de base genética selecionado.

Esse resgate pode ser feito por meio do corte raso de árvores que alcançaram a maturidade, induzindo-se dessa forma à emissão de brotações epicórmicas, as quais apresentam crescimento extremamente rápido, muitas vezes desrespeitando o modelo arquitetônico original da espécie comandado pelos meristemas sendo, via de regra, fisiologicamente mais juvenis (SEITZ, 1996; BORGES JÚNIOR *et al.*, 2004). Esses brotos, provenientes das gemas laterais da base, possuem maior juvenilidade dos tecidos e são mais vigorosos, fatores que melhoram a capacidade de enraizamento dos mesmos. Além disso, plantas podadas podem fornecer grandes quantidades de material juvenil para a produção de mudas (HARTMANN *et al.*, 2011).

A realização do corte de árvores adultas para induzir o crescimento de brotações epicórmicas e a manutenção da juvenilidade por podas sucessivas visa aumentar a produção de propágulos e manter a juvenilidade dos mesmos (HACKETT, 1987). Este processo tem sido eficiente na produção de estacas com maior potencial de enraizamento em diversas espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil (WENDLING; XAVIER, 2001).

### **2.2.2 RESGATE POR INDUÇÃO DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO**

O resgate por indução de brotações epicórmicas de galhos consiste na utilização de segmentos de ramos de aproximadamente um metro de comprimento, coletados da planta matriz a ser resgatada, colocados sobre areia lavada ou diretamente sobre uma tela, em casa de vegetação, com nebulização intermitente. Como alternativa para diminuir o estresse hídrico, as extremidades dos galhos podem ser seladas com parafina e colocadas em ambiente úmido, com elevada incidência de luz. Depois de um período de 45-60 dias, as brotações epicórmicas formadas nos galhos são empregadas para produção de estacas para enraizamento (ALFENAS *et al.*, 2004).

Essa técnica tem como base aspectos fisiológicos inerentes a alteração do equilíbrio entre os hormônios auxinas, citocininas e giberelinas, em favorecimento da emissão de brotações epicórmicas. É importante ressaltar que galhos colhidos das porções mais baixas da planta tendem a originar brotações que apresentam um gradiente de juvenilidade superior ao de galhos colhidos de porções mais altas (HARTMANN *et al.*, 2011). Além disso, por esse método, não ocorre o rejuvenescimento pleno do material propagativo, sendo necessário efetuar a multiplicação seriada a partir das mudas obtidas (ALFENAS *et al.*, 2004).

Esse procedimento, contudo, mostrou-se eficiente na produção de miniestacas em *Eucalyptus cloeziana*, onde todos os galhos colocados em casa de vegetação emitiram brotações epicórmicas. No entanto, seu enraizamento adventício foi deficiente, fato este, possivelmente gerado pelo efeito da idade ontogenética e o reduzido vigor das miniestacas, tendo em vista a retirada deste material de alturas superiores a 5 metros do solo. Desta forma, considerando a existência de um gradiente de juvenilidade em direção a base da planta, e que a capacidade de enraizamento é uma característica juvenil, os ramos coletados seriam ontogeneticamente adultos, resultando em um baixo enraizamento adventício deste material (ALMEIDA *et al.*, 2007).

## 2.3 PROPAGAÇÃO ASSEXUADA

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente parte de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta matriz, não ocorrendo desta forma a recombinação gênica, tendo em vista a utilização de segmentos vegetativos (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; HARTMANN *et al.*, 2011). Entre as vantagens desse método de propagação de plantas está a possibilidade de fixação de genótipos selecionados, alcance de populações uniformes, facilidade de propagação, antecipação do período de florescimento, combinação de mais de um genótipo numa planta matriz e o maior controle nas fases de desenvolvimento (HARTMANN *et al.*, 2011).

O princípio da propagação assexuada por estaquia consiste em promover o enraizamento adventício de segmentos destacados da planta matriz denominados de estacas que, sendo submetidos a condições favoráveis, originam uma nova planta completa (FACHINELLO *et al.*, 1994; HARTMANN *et al.*, 2011). Essa técnica é efetivamente viável devido a uma característica inerente às células vegetais, denominada totipotência, a qual se refere à capacidade das células diferenciadas da região do corte se desdiferenciarem retornando às características meristemáticas necessárias para o desenvolvimento de uma nova planta (KERBAUY, 2004). Esta divisão celular denominada mitose, tem como função aumentar o tamanho vegetativo das plantas. Nesta, as células podem sofrer alongamento, diferenciação, desenvolvendo-se em diferentes tipos, diferenciando-se em células de tecidos e órgãos, tais como caules, raízes, folhas e frutos. As células capazes de divisão são chamadas meristemáticas e estão localizadas em meristemas primários ou apicais (brotos e raízes) e secundários (regiões de crescimento cambial, folhas e meristemas marginais) (HARTMANN *et al.*, 2011).

O sucesso da propagação vegetativa vai depender de diversos fatores que estão relacionados ao enraizamento, variando para cada espécie, de acordo com o tratamento subsequente, sendo a facilidade ou não de enraizar explicada por fatores intrínsecos, como estágio fisiológico da planta matriz, balanço hormonal, juvenilidade e idade da planta matriz, e extrínsecos ao material, como a estação do ano, tipos de estacas, luz, temperatura e umidade (ONO; RODRIGUES, 1996; ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; FERRIANI, 2009).

No entanto, as variações fenotípicas entre plantas propagadas assexuadamente, oriundas de um mesmo clone são decorrentes apenas das variações ambientais e fatores relacionados aos propágulos. Diferentemente de quando a propagação se realiza por meio de sementes, as variações observadas entre as plantas são proporcionadas pelas variações genéticas e, também do ambiente, bem como pela interação entre ambas (XAVIER *et al.*, 2009).

Há também a ocorrência de fatores não genéticos, comuns aos membros de um grupo, tais como clones ou famílias, referidos como “Efeito C”. Em geral, as diferenças entre os tipos de propágulos vegetativos ou entre propágulos originários de diferentes idades são os resultados do “Efeito C” (casos em que grupos geneticamente similares são comparados). Fases diferenciadas de maturação entre os clones podem parecer como “Efeito C”, e resultariam em um aumento artificial da variação clonal, portanto, poderiam superestimar os ganhos genéticos na seleção clonal (HIGASHI *et al.*, 2000).

Uma característica interessante nos vegetais, refletida especialmente em espécies lenhosas, diz respeito à existência de um gradiente de juvenilidade em direção à base da mesma, sendo este variável entre espécies (HACKETT, 1987), resultando na promoção de um aumento na maturação desta planta em função da maior proximidade com o meristema apical (GREENWOOD; HUTCHISON, 1993). Esta suposta juvenilidade da região basal das plantas se deve ao fato de que os meristemas mais próximos da base formaram-se em épocas mais próximas à germinação que o das regiões terminais (XAVIER *et al.*, 2009).

O conhecimento da espécie, a definição dos objetivos a serem alcançados, a escolha e o uso correto dos propágulos vegetativos são de extrema importância. Quando for desejado um comportamento mais juvenil da planta a ser propagada, devem-se utilizar propágulos oriundos das partes mais jovens da planta matriz. Entretanto, quando se deseja uma planta com comportamento maduro, tal como a manifestação do florescimento precoce e porte reduzido, devem-se preferir propágulos oriundos das partes mais adultas da planta matriz (XAVIER *et al.*, 2009).



### 2.3.1 ESTAQUIA

A técnica de estaquia baseia-se no uso de porções de hastes como caules, ramos, folhas ou mesmo raízes, colocadas em condições propícias ao enraizamento e posterior desenvolvimento da parte aérea, dando origem a uma nova planta, variando o tipo de material a ser empregado na confecção das mesmas de acordo com a espécie e, às vezes, em função da estação do ano. Diversas plantas apresentam folhas com capacidade de originarem plantas completas, tais como: begônia, gloxínia, língua-de-sogra, violeta africana, peperômia, sedum, camélia, fícus, entre outras (WENDLING *et al.*, 2002). Esse procedimento é amplamente empregado na propagação de espécies lenhosas para fins comerciais, tornando-se justificável sua aplicação em espécies florestais nativas, que possuem dificuldades na produção de mudas via sementes, devido à dificuldade de obtenção e armazenamento das mesmas, ou ainda, dormência e/ou baixo potencial germinativo (FERRARI *et al.*, 2004).

Apresenta-se como uma ferramenta importante também na propagação de espécies hortícolas, tais como ornamentais e fruteiras. A emissão de raízes adventícias é pré-requisito para a formação de novas plantas, tendo sido muito utilizada ao longo dos últimos cem anos com sucesso em espécies florestais. Entretanto muitas espécies de interesse econômico apresentam baixa capacidade, tanto fisiológica como genética, de desenvolverem sistemas radiciais adventícios, tornando-se este um entrave à produção comercial (HARTMANN *et al.*, 2011).

Na propagação vegetativa por enraizamento de estacas, o sistema radicial é denominado adventício, pois a raiz formada a partir da estaca constitui-se em uma raiz adventícia, fato este devido à mesma ter sido induzida em local diferente ao curso normal de formação da raiz (XAVIER *et al.*, 2009). Durante este processo ocorrem algumas fases, que podem ser identificadas nos seguintes estádios: 1- desdiferenciação, 2- formação das raízes iniciais, 3- desenvolvimento das raízes iniciais em primórdios radiciais e 4- crescimento e emergência dos primórdios radiciais (HARTMANN *et al.*, 2011).

Existem ainda diversos fatores que podem afetar o enraizamento de estacas, dentre os quais estão o genótipo da planta matriz, condições fisiológicas e de nutrição mineral, substratos de enraizamento, armazenamento das estacas, sanidade e aplicação de reguladores vegetais. Assim como os fatores relacionados com a manipulação das condições ambientais

em ambiente protegido, principalmente luminosidade, temperatura e umidade (XAVIER *et al.*, 2009).

Um fator que pode estar diretamente ligado ao sucesso da propagação diz respeito ao tamanho das estacas, sendo sua determinação adequada fundamental. Estacas pequenas podem levar a um maior aproveitamento do material disponível para a propagação de plantas, mas seu uso pode ser limitado pela baixa quantidade de reservas necessárias para o enraizamento adventício. Por outro lado, estacas longas podem tornar-se mais suscetíveis à desidratação, pela maior demanda de água para suprir a quantidade de tecido exposto ao ambiente (LIMA *et al.*, 2006).

De acordo com Heller (1996), a influência do comprimento das estacas, tanto no enraizamento como no desenvolvimento das mudas, está relacionada intrinsecamente à espécie em questão. Em trabalhos com *Jatropha curcas*, analisando o efeito do comprimento das estacas sobre o enraizamento adventício, verificou-se uma influência direta desse fator sobre o índice de estacas enraizadas, onde estacas de 25 cm de comprimento apresentaram-se mais propícias ao enraizamento que estacas de 10 cm (LIMA *et al.*, 2010).

Outro fator relevante é a manutenção de folhas em estacas caulinares, as quais podem agir em favor do enraizamento, por meio do fornecimento, principalmente, de carboidrato e hormônios. O carboidrato produzido é importante na sobrevivência da estaca, garantindo melhores condições fisiológicas no processo de enraizamento. Existem diversos hormônios produzidos nas folhas, entre os quais se destacam as auxinas, que são transportadas para a base da estaca devido ao movimento polar, o qual pode ser imprescindível no sucesso de enraizamento (XAVIER *et al.*, 2009). Em geral, a manutenção das folhas está relacionada ao início do processo de formação de raízes, onde todos os metabólitos sintetizados ainda na planta matriz podem ser transportados para a região de enraizamento após a confecção das estacas, além da função regulatória do estado hídrico das mesmas (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

De acordo com Mayer e Pereira (2003), foi evidenciada a influência da retenção de folhas nas estacas sobre a velocidade de enraizamento de umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) e verificou-se também que a ausência das mesmas comprometia o enraizamento e resultava em estacas com calos ou mortas. Outro estudo semelhante, utilizando estacas herbáceas de pessegueiro cv. Jubileu demonstrou que a manutenção das folhas era fator preponderante ao sucesso no processo de enraizamento das mesmas, com ou sem tratamentos com ácido indol butírico (MINDÊLLO NETO; BALBINOT JÚNIOR, 2004). No entanto, ainda são escassas as informações referentes à influência deste fator no

enraizamento de estacas de diversas espécies, principalmente quando se refere à quantidade de folhas mantidas nas estacas (MINDÊLLO NETO, 2006).

Em trabalhos realizados com *Vochysia bifalcata* Warm., verificou-se a importância da manutenção de um par de folhas terminais na sobrevivência das estacas (RICKLI *et al.*, 2012). Fato também evidenciado por Lima *et al.* (2011), os quais relataram que a sobrevivência de estacas de *Camellia sinensis* L. estava atrelada a manutenção das folhas originais nas estacas.

Outro fator que pode influenciar diretamente na formação do sistema radicial em estacas está relacionado à formação de brotos ou gemas laterais metabolicamente ativos, onde sua presença nos primeiros três a quatro dias após o plantio das estacas pode ser favorável à formação de raízes, porém, após dado período, sua presença pode tornar-se prejudicial a este processo, passando estes a consumir as reservas energéticas das estacas para sua formação. Em determinados casos, a remoção dos brotos pode levar a paralização total do processo de enraizamento (HARTMANN *et al.*, 2011).

Em estudo realizado com louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell.) os resultados obtidos mostraram, após 80 dias em casa de vegetação, uma mortalidade total das estacas, precedida da formação de brotos e morte dos mesmos, o que estaria indicando a ausência de influência da formação dos mesmos no sucesso do enraizamento adventício desta espécie (HERBELE *et al.*, 2010).

De acordo com Oliveira *et al.* (2001), os efeitos sazonais estão em geral relacionados com as condições climáticas, em especial no que se refere à temperatura, afetando fatores como a disponibilidade de água, crescimento, condições fisiológicas e fenologia da planta matriz. Em relação à fenologia das plantas matrizes, no período em que está sendo dispensado um esforço maior para a produção de flores e frutos, parte dos metabólitos assimilados necessários para o enraizamento está sendo deslocado para a região de florescimento/frutificação, tornando-se menos concentrados nas porções utilizadas para a propagação, o que sugere, de maneira geral, que a melhor época para a coleta seja aquela que coincide com o repouso vegetativo.

No entanto, existe certa contradição quanto à melhor estação do ano para a coleta do material vegetativo, sendo que trabalhos com espécies consideradas de fácil enraizamento sugerem que as estacas podem ser colhidas em qualquer estação do ano, enquanto para outras espécies, o período de maior enraizamento coincide com a estação de repouso ou com a estação de crescimento (PAIVA; GOMES, 2001; WENDLING *et al.*, 2002).

De acordo com Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), a umidade constitui-se como um dos fatores primordiais e de relevante importância para a propagação vegetativa, sendo ainda mais crítica para estacas com folhas. Para mitigar estes efeitos gerados pelo estresse hídrico das estacas, são empregados sistemas de nebulização, os quais possibilitam a hidratação das mesmas e do substrato, além do controle da temperatura do ambiente. Para tanto é recomendado o uso de estufas de nebulização ou micro aspersão intermitente, para que se consiga manter a umidade interna do ambiente acima de 80% (OLIVEIRA *et al.*, 2001; WENDLING *et al.*, 2002).

Em relação à temperatura ideal em casa de vegetação para enraizamento de estacas, esta deve variar de 21 a 27 °C durante o dia e em torno de 15 °C durante a noite (HARTMANN *et al.*, 2011). Para Corrêa e Fett-Neto (2004), a temperatura pode influenciar o enraizamento atuando, sobretudo, na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical. Algumas pesquisas evidenciam que a divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, auxilia a formação de raízes e a produção de brotos (HARTMANN *et al.*, 2011).

Entretanto, temperaturas excessivamente altas durante a fase de enraizamento devem ser evitadas por estimularem o desenvolvimento de gemas laterais antes mesmo do aparecimento de raízes. Geram também aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos. Já temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando à menor produção de brotos e ao maior tempo demandado para o enraizamento ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para que ocorra indução, desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER, 2002).

A escolha do substrato apropriado é também um fator relevante no processo de propagação. Este se destina a sustentar as estacas durante o período de enraizamento, mantendo sua base em ambiente úmido, escuro e suficientemente arejado (HOFFMANN *et al.*, 1996). Sua composição ideal pode variar para cada espécie, porém de forma geral deve ser poroso, gerando uma boa relação entre os teores de água e ar presentes no mesmo (WENDLING *et al.*, 2002).

O uso de reguladores vegetais também pode ser utilizado para viabilizar o sucesso do enraizamento adventício, onde a concentração utilizada pode variar de acordo com a espécie, clone, estado de maturação, tipos de estacas, condições ambientais, forma e tempo de aplicação, dentre outros, com concentrações que podem variar de 20 a 10.000 mg L<sup>-1</sup>, sendo as maiores concentrações utilizadas em estacas mais lenhosas, de enraizamento mais difícil.

É recomendável a realização de testes com diferentes concentrações de regulador vegetal caso não se disponha de informações a esse respeito para a espécie a ser propagada. Vale ainda ressaltar que os reguladores em concentrações adequadas promovem o enraizamento, porém, em concentrações acima do ideal, passam a atuar como fator inibitório (XAVIER *et al.*, 2009).

Além dos fatores citados, que viabilizam o sucesso da propagação, uma problemática a ser considerada diz respeito à obtenção de brotos viáveis, com boa capacidade de enraizamento e desenvolvimento da nova planta no campo. As duas variáveis estão diretamente relacionadas, dentre outros fatores, à origem genética da planta matriz e o grau de juvenilidade em que se encontram as brotações que serão utilizadas para o enraizamento. Quanto mais adulto o material, menor a capacidade de enraizar e, pior o desenvolvimento vegetativo em campo (FERRARI *et al.*, 2004).

### **2.3.1.1 ESTAQUIA CAULINAR**

A estaca de origem caulinar geralmente é constituída por segmentos de ramos com gemas apicais e/ou laterais. São classificadas em diversos tipos como lenhosas, semilenhosas e herbáceas, sendo que cada uma destas proporciona um diferente potencial de enraizamento adventício. Para algumas espécies, como o caquizeiro, as estacas herbáceas apresentam uma tendência maior para o enraizamento em relação às lenhosas (BASTOS, 2005). Há ainda espécies em que as estacas lenhosas apresentam um maior potencial para o enraizamento, como é o caso do pessegueiro (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Em alguns casos, não basta que as estacas tenham consistência herbácea, além disto, necessita-se que elas tenham folhas ou parte delas mantida na estaca (COSTA JUNIOR *et al.*, 2002; GONTIJO *et al.*, 2003).

De acordo com Hartmann *et al.* (2011), por apresentar maior grau de lignificação, as estacas lenhosas tornam-se mais resistentes, e consequentemente menos perecíveis, facilitando seu manuseio e transporte. Por outro lado, quanto mais herbáceo e novo for o material, maior será sua capacidade de enraizamento (WENDLING *et al.*, 2002). A estaquia caulinar geralmente requer apenas que um novo sistema radicial adventício seja formado, dado o potencial da regeneração de gemas já existentes, apresentando vantagem em relação às

estacas foliares e de raízes, onde há a necessidade de formação adventícia tanto do sistema radicial como da parte aérea, o que dificulta a utilização destes propágulos na área florestal (XAVIER *et al.*, 2003).

De acordo com Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), o enraizamento de estacas caulinares é influenciado por auxinas endógenas, embora não exclusivamente por elas. Na estaquia, a auxina naturalmente produzida nas folhas e gemas, move-se para a parte inferior da planta, aumentando a sua concentração na base do corte, junto com os açúcares e outras substâncias nutritivas. A formação de raízes adventícias é aparentemente dependente de um nível ótimo de auxina, em relação a estas substâncias.

Em muitas espécies, as quantidades de auxinas, entre outros hormônios vegetais produzidos naturalmente, são insuficientes para a promoção do enraizamento, sendo necessário aplicar auxinas sintéticas por meio do uso de reguladores vegetais, a fim de garantir a promoção do enraizamento. Os reguladores vegetais são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam qualitativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas. São comumente utilizados para induzir o enraizamento, principalmente daquelas espécies que apresentam um difícil enraizamento (CASTRO; KERSTEN, 1996; PASQUAL *et al.*, 2001).

Os reguladores vegetais do grupo das auxinas são os mais utilizados na propagação de plantas, destacando-se o ácido indol butírico (IBA), o ácido naftaleno acético (NAA) e o ácido indol acético (IAA). De acordo com Hartmann *et al.* (2011), o IBA é considerado o regulador vegetal mais amplamente utilizado, em função da maior estabilidade em relação ao IAA. Apresenta também menor toxicidade que o NAA, estabilidade à luz, não sendo degradado pelo sistema IAA-oxidase. Neste contexto, o uso de auxinas sintéticas, se bem recomendado, torna-se útil na indução da formação de raízes adventícias em estacas caulinares durante a propagação vegetativa de diversas espécies lenhosas (SODRÉ, 2007).

Existem ainda, muitas substâncias que atuam em conjunto com as auxinas na indução e formação de raízes adventícias, sendo indispensáveis para o sucesso do processo. Estas substâncias são denominadas co-fatores do enraizamento, tais como os compostos fenólicos (FACHINELLO *et al.*, 2005). O acúmulo destes compostos fenólicos, além de outros fatores, pode inibir o processo de enraizamento em decorrência da descarboxilação do IAA (TROBECK *et al.*, 2005).

### 2.3.1.2 ESTAQUIA DE RAÍZES

A utilização de estacas de raízes é uma técnica pouco comum, onde as raízes são seccionadas após a colheita, em pedaços de 5 a 15 cm de comprimento e plantadas no substrato a uma profundidade de 2,5 a 5 cm. A dificuldade dessa técnica está na coleta das raízes e nos danos causados à planta matriz. A propagação vegetativa por estacas provenientes de raízes pode ser feita em diversas espécies, entre elas, cerejeira, pessegueiro, goiabeira, caquizeiro, ipê, manacá, quiri, entre outras (WENDLING *et al.*, 2002).

Por conta das dificuldades dessa técnica, seu uso na estaquia tem sido recomendado apenas para a propagação vegetativa de espécies que apresentam, de alguma forma, dificuldades no enraizamento de estacas caulinares (BIASI *et al.*, 2004). Esta técnica pode ser realizada em qualquer época do ano, porém como pode ser favorecida pelo provimento de reservas acumuladas nas raízes nos meses mais frios, a época mais favorável torna-se o fim do inverno e o início da primavera, sendo aconselhável ainda o uso de material coletado de plantas jovens (HARTMANN *et al.*, 2011). Outro fator relevante refere-se à manutenção da polaridade correta das estacas, onde a inversão desta pode gerar perdas significativas ao processo de formação de plantas (SIMÃO, 1998).

Quanto ao substrato, não existe uma mistura ideal para a propagação vegetativa pelo uso de estacas de raízes. Um meio apropriado para a propagação vai depender sempre da espécie em questão, dos tipos de estacas, da estação climática e principalmente do controle das condições ambientais adequadas (HARTMANN *et al.*, 2011).

A posição da raiz a ser cortada na planta matriz também é um fator que pode influenciar diretamente no sucesso do processo de propagação. Em trabalhos realizados com *Cordia trichotoma* Vell., os resultados evidenciaram que estacas basais e medianas apresentaram uma maior capacidade de emissão de brotos, o que, por sua vez, pode estar relacionado diretamente à quantidade de reservas presentes nessa porção da raiz (HERBELE *et al.*, 2010).

Outro fator importante no sucesso do uso da técnica de estaquia com raízes está associado às concentrações de auxinas e citocininas nas estacas onde, em geral, níveis altos de auxinas e baixos de citocininas podem favorecer a formação de raízes adventícias, e níveis baixos de auxinas e altos de citocininas podem favorecer a formação de brotos adventícios (HARTMANN *et al.*, 2011). Em trabalhos realizados com estacas de raízes de amoreira-preta

(*Rubus* spp.), os resultados mostraram que em baixas concentrações, a citocinina favorecia o crescimento e o desenvolvimento da espécie. Porém, há necessidade de se realizar estudos abrangendo concentrações mais baixas, bem como analisando outros fatores que possam influenciar na sua propagação, tais como a época de coleta do material, parte da planta utilizada, dentre outros (DIAS, 2011).

### 2.3.2 MINIASTAQUIA

A técnica da miniestaquia consiste em uma variação da estaquia convencional, baseando-se na utilização de brotações de plantas propagadas por métodos convencionais de produção de mudas. Em um processo esquemático, primeiramente quebra-se a dominância apical destas mudas pela poda do ápice da brotação, e em intervalos variáveis em função da estação do ano, do clone/espécie, das condições nutricionais, entre outros, há emissão de novas brotações, que são coletadas e então utilizadas para propagação, sendo este material coletado denominado miniestaca (WENDLING *et al.*, 2002).

Essas mudas podadas constituem-se em minicepas (com 6 a 10 cm de altura), sendo o conjunto de minicepas denominado minijardim, o qual fornecerá as miniestacas para a produção de mudas (XAVIER *et al.*, 2009). A coleta de miniestacas nas mudas podadas é realizada de forma seletiva, em períodos a serem definidos conforme o vigor das brotações (WENDLING *et al.*, 2002).

As miniestacas possuem normalmente dimensões que variam de 4 a 8 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas, variável em função do clone/espécie. As folhas geralmente são cortadas ao meio, visando evitar o excesso de transpiração, facilitando a chegada da água de irrigação ao substrato, evitando o efeito guarda-chuva e evitando o tombamento das miniestacas devido ao peso da água sobre a superfície das mesmas. Após sua coleta, as miniestacas são acondicionadas em recipientes com altos teores de umidade, para que possam chegar ao local de enraizamento em perfeitas condições de turgor, sem gerar um excesso de estresse em função da falta de umidade sobre os tecidos (XAVIER *et al.*, 2009).

Posteriormente, as miniestacas são colocadas para enraizamento em casa de vegetação com umidade relativa acima de 80%, seguindo, após o enraizamento, para a casa de sombra, onde terão uma pré-adaptação às condições de menor umidade relativa e, finalmente



transferidas para condição de pleno sol para rustificação com posterior plantio a campo. O período de permanência das miniestacas em casa de vegetação depende da estação do ano, do clone/espécie envolvidos e do seu estado nutricional (WENDLING *et al.*, 2002).

Em relação às condições ambientais que são submetidos, os minijardins clonais diferem dos jardins clonais, pois estão instalados dentro do viveiro florestal, em condições protegidas pelo envasamento das cepas, enquanto o jardim clonal está localizado em condições de campo (XAVIER *et al.*, 2009).

O sucesso do processo de miniestaquia é dependente do clone/espécie utilizado, mas de maneira geral pode-se afirmar que os ganhos em enraizamento podem alcançar 40% em comparação às estacas tradicionais. Além dos incrementos em enraizamento, em geral miniestacas e microestacas tendem a desenvolver um sistema radicial de melhor estrutura, o que pode refletir positivamente na sobrevivência, no arranque inicial e no desempenho destas mudas formadas a campo. Muito utilizada no meio florestal para eucalipto, essa técnica pode ser potencialmente empregada para outras espécies lenhosas de interesse florestal ou agrônomo (ALFENAS *et al.*, 2004).

Normalmente, quando se utilizam miniestacas, dispensa-se o uso de reguladores vegetais para indução do enraizamento adventício ou, quando necessário, se opta por concentrações baixas dos mesmos (ASSIS, 2001). Ao longo dos últimos anos, muitos trabalhos tem procurado estabelecer as diferenças entre o enraizamento adventício de material juvenil e adulto (HIGASHI *et al.*, 2000; PALANISAMY; SUBRAMANIAN, 2001; WENDLING *et al.*, 2006) e têm demonstrado que as condições fisiológicas da planta matriz são fatores determinantes em relação à sua idade cronológica (HAAPALA, 2004).

Desta forma, a alternativa de rejuvenescimento de clones tem sido possível mediante coletas seriadas ou sucessivas de brotos apicais, a partir de estacas enraizadas por métodos convencionais de propagação. Em função das vantagens operacionais, aliadas ao menor custo de produção, a miniestaquia tem sido a técnica de propagação adotada por grande parte das empresas florestais brasileiras, principalmente no contexto da eucaliptocultura (ALFENAS *et al.*, 2004). Porém, o sucesso no processo de enraizamento de miniestacas não está associado somente ao fator rejuvenescimento do material de origem, mas sim, diversas interações têm sido relatadas, tais como: concentração de proteínas solúveis em tecidos, concentração de DNA em folhas (ALI; WESTWOOD, 1968), teor de clorofila e de antocianina nas folhas (GREENWOOD, 1992; HACKETT; MURRAY, 1993).

Em se tratando de manejo, pode-se dividir o processo de produção de mudas por miniestaquia em cinco fases distintas: a primeira fase compreende a produção de brotos, levando-se em consideração os tratos culturais nas minicepas, irrigação, fertilização, ponto de coleta das miniestacas, controle de doenças e pragas, controle de irradiação luminosa e temperatura; posteriormente passa-se para o processo de enraizamento propriamente dito, em um ambiente controlado, de forma a favorecer o processo de formação de raízes adventícias. A aclimação à sombra é a terceira etapa, e visa dar melhores condições a planta de se sustentar em ambientes menos controlados; nestas condições, a muda passa por uma etapa de crescimento e conclui seu processo de formação em exposição às condições ambientais em uma rustificação a céu aberto (ALFENAS *et al.*, 2004).

Todas as fases anteriormente citadas apresentam-se importantes no sucesso do processo. Contudo, as fases de produção de brotos e enraizamento são as mais críticas, onde potencialmente se obtêm os maiores ganhos em produtividade através de sua otimização. Em todas as fases, é fundamental manter o viveiro em condições adequadas de higiene e restringir o trânsito livre de pessoas para evitar a disseminação de inóculos de fitopatógenos (ALFENAS *et al.*, 2004). Apesar de todas as dificuldades envolvendo o processo de propagação vegetativa, dentre os métodos usuais, a miniestaquia apresenta-se atualmente como o método mais adotado pelas empresas florestais brasileiras, sobretudo para produção de mudas de *Eucalyptus* (ALMEIDA *et al.*, 2007).

## **2.4 FATORES RELACIONADOS AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS**

O processo de formação de raízes adventícias em estacas é influenciado por diversos fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto. Dentre estes, podem-se destacar as condições fisiológicas da planta matriz, presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias ainda não identificadas, sendo estas sintetizadas pelas folhas e acumulando-se na zona de regeneração de raízes (PASQUAL *et al.*, 2001; HARTMANN *et al.*, 2011), bem como fatores externos, como a época do ano em que a estaquia é realizada, tipo e concentração de auxina utilizada, substrato, temperatura do meio e umidade (ONO; RODRIGUES, 1996).

O substrato é caracterizado como todo material usado para conferir sustentação às estacas durante o período de enraizamento, manter a umidade, permitir a penetração de ar e as trocas gasosas, criando um ambiente sem luz na base das mesmas. Não há um substrato ideal; há, no entanto, propriedades mínimas adequadas de substrato para que se obtenha sucesso no enraizamento dos explantes (GALVÃO, 2000).

Ao mesmo tempo em que se apresenta como um fator relevante ao processo, o substrato é também de grande versatilidade. Desta forma, existem espécies que apresentam certa facilidade de enraizar, independentemente do tipo de substrato utilizado. No entanto, para espécies de difícil enraizamento, o substrato pode influenciar tanto no percentual de enraizamento quanto na qualidade do sistema radicial formado. Os tipos mais comuns de substrato são a vermiculita, a turfa, a serragem semidecomposta, a areia, a casca de arroz carbonizada, o moinho de carvão, o composto orgânico, a terra de subsolo, as fibras de coco e diversas combinações entre estes. Não há consenso quanto ao melhor substrato, sendo recomendável avaliar as condições ambientais e a espécie a ser propagada (XAVIER *et al.*, 2009).

Existe uma grande vantagem quando se opta pela utilização de areia como substrato, pois essa possui baixo custo, é de fácil disponibilidade e apresenta características positivas quanto à drenagem, sendo seu uso adequado para enraizamento de estacas herbáceas e semilenhosas (FACHINELLO *et al.*, 1994). Entretanto, na propagação vegetativa de *Eucalyptus*, por exemplo, o substrato mais utilizado tem sido constituído de vermiculita, ou desta em combinação com casca de arroz carbonizado, composto orgânico ou outros materiais (XAVIER *et al.*, 2009).

A luz é outro fator que pode influenciar diretamente no processo de enraizamento adventício, como estimuladora do enraizamento, variando conforme a planta e o método de propagação. As estacas semilenhosas e herbáceas reagem indiretamente à luz, devido ao papel que esta desempenha na síntese de carboidratos, enquanto as lenhosas de plantas caducas, que contém substâncias de reserva em quantidades suficientes, enraízam melhor na ausência de luz sendo, provavelmente, devido ao acúmulo de auxinas e de outras substâncias, que são instáveis na presença desta (JANICK, 1966).

A literatura é bastante escassa quanto aos efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento, em virtude principalmente das condições ambientais específicas de cada local. Entretanto, nas condições brasileiras, a maioria dos estudos tem demonstrado que uma menor incidência de luz natural promove um maior enraizamento de estacas

(XAVIER *et al.*, 2009). Uma explicação para tal fato se dá em função de uma maior luminosidade promover maior síntese de citocininas, levando a um maior crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011).

Outro fator importante de se destacar no processo de propagação vegetativa, diz respeito à temperatura. Embora haja grande variação nas exigências das diferentes espécies, as temperaturas do leito de enraizamento variam de 21 a 27 °C durante o dia, e ao redor de 15 °C durante a noite, sendo estas satisfatórias para a maioria das espécies. A elevação da temperatura do ar acima de 27 °C deve ser evitada, pois o aumento do metabolismo, apesar de estimular o desenvolvimento das raízes, pode favorecer a perda de água pelas folhas, levando as estacas ao dessecamento, tendo em vista que a perda de água é sempre mais rápida do que a sua absorção. Deve-se induzir primeiramente a iniciação radicial pelo uso de um meio artificial, onde se mantenha a temperatura do substrato mais alta que a do ar, algo em torno de 4 a 5 °C, propiciando maior atividade nesse local (HARTMANN *et al.*, 2011). Nestas condições, o resultado será a redução da perda de água pela parte aérea, prolongando assim o seu bom estado fisiológico e aumentando a precocidade e a percentagem de raízes formadas (BORBA; CORRÊA, 1983).

Parte do sucesso no processo de enraizamento adventício está relacionado à capacidade do sistema de propagação em proporcionar condições de turgidez ao propágulo até que este forme suas próprias raízes e possa efetivamente absorver água, tornando-se desta forma, autossuficiente. No entanto, o excesso de umidade passa a ser prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, facilitar o desenvolvimento de doenças, impedindo o enraizamento e provocando a morte dos tecidos. Para contornar o problema da transpiração excessiva, deve-se manter a umidade do ar acima de 80%, conservando-se assim a turgescência dos tecidos. Entretanto, deve-se evitar a saturação do ar (XAVIER *et al.*, 2009). Desta forma, a umidade constitui-se um fator primordial para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para estacas enfolhadas, principalmente em função da maior transpiração destas (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001).

Neste contexto, para se construir ambientes com as características desejadas, todos os elementos climáticos, que estão envolvidos com a transferência de água da planta para a atmosfera, devem ser conhecidos, bem como as exigências específicas de cada espécie e a técnica de multiplicação adotada. Cuidados especiais devem ser tomados com equipamentos que modificam a radiação solar, visto que este é o elemento abiótico principal (SENTELHAS *et al.*, 1999), pois outros elementos como temperatura, umidade relativa do ar

e velocidade do vento são elementos dependentes e passíveis de controle (REISSER JUNIOR *et al.*, 2009).

O efeito gerado pelo sombreamento e pela nebulização intermitente (pequenas gotas de água na forma de neblina) reflete diretamente na redução da desidratação dos tecidos dentro da casa de vegetação. A consequência é o aumento da energia potencial da água na atmosfera e redução da energia incidente sobre os elementos deste ambiente, neste caso, fragmentos de plantas. O sombreamento e a nebulização agem também na redução da temperatura do ar, alcançando em climas secos uma amenização de até 10 °C (MONTERO CAMACHO, 1994).

De acordo com Reisser Junior *et al.* (2009), o uso de técnicas como nebulização e sombreamento em ambientes protegidos, como por exemplo uma casa de vegetação, aumenta a umidade relativa do ar, reduz a temperatura do ar durante o dia e, por sua vez, reduz a energia potencial da água no ambiente, sendo estes eficientes na redução da demanda evaporativa em ambientes protegidos, consequentemente adequados para reduzir a desidratação dos tecidos dos materiais vegetativos para fins de propagação.

### 3. CAPÍTULO I: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS CAULINARES LENHOSAS DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) COM E SEM FOLHAS ORIUNDAS DE BROTAÇÕES DO ANO UTILIZANDO ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

#### RESUMO

*Paulownia* é o único gênero arbóreo da Família Scrophulariaceae, natural do leste da Ásia, onde possui uma ampla distribuição geográfica. No Brasil, sua introdução data da década de 50 e existem atualmente poucos povoamentos de *Paulownia fortunei* var. *mikado* localizados principalmente no sul do país. Apesar de suas excelentes características fenotípicas, tais como tronco cilíndrico e retilíneo, e de qualidade da madeira, não existem protocolos de produção de mudas desta espécie. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento adventício de estacas caulinares lenhosas de *P. fortunei*, com e sem folhas, coletadas em três estações do ano, com a aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) e comparar possíveis diferenças anatômicas entre as estacas em diferentes estações. Brotações do ano de *P. fortunei* foram coletadas de 10 plantas matrizes com aproximadamente 20 anos de idade no estado de Santa Catarina no outono/2011, primavera/2011 e verão/2012, das quais foram confeccionados dois tipos de estacas caulinares lenhosas; o primeiro com cerca de 10 a 12 cm de comprimento, corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície circular aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior da estaca; o segundo, com as mesmas especificações, porém, sem a presença das folhas. Após a desinfestação, procedeu-se o tratamento da base das estacas com ácido indol butírico nas concentrações 0, 500, 1000, 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado em tubetes de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v) acondicionados em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente. Transcorridos 60 dias, foram avaliadas a porcentagem de estacas enraizadas, número e comprimento das raízes/estaca, porcentagem de estacas com calos, de sobrevivência, de mortalidade e de emissão de brotos. Os resultados mostraram que a ausência de folhas favoreceu o enraizamento adventício das estacas em todas as estações comparadas neste estudo, não havendo diferenças significativas entre as estações do ano, embora, o outono apresentasse a maior porcentagem de enraizamento, com 12,75%. O melhor resultado para o número de raízes/estaca foi observado na primavera, com 3,04 raízes/estaca; a formação de calos em estacas foi maior naquelas coletadas no outono com folhas (94,25%) e; a aplicação de IBA não influenciou positivamente no enraizamento de nenhum dos dois tipos de estacas, sendo desnecessária sua aplicação. Não foi observada influência das diferenças anatômicas sobre a emissão de novas raízes.

**Palavras chaves:** Auxina, estaquia, Scrophulariaceae.

**ROOTING FOR SOFTWOOD CUTTINGS WITH AND WITHOUT LEAVES OF  
SHOOTS FROM THE YEAR QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. Var. *mikado*)  
USING INDOLEBUTYRIC ACID (IBA) IN DIFFERENT SEASONS**

**ABSTRACT**

*Paulownia* is the only arboreal genus of the family Scrophulariaceae, native from eastern Asia, where there is a wide geographic distribution. In Brazil, its introduction dates the 50's and there are currently few stands of *Paulownia fortunei* var. *mikado* which are located mainly in the south. Despite its excellent phenotypic characteristics, such as straight and cylindrical trunk, and wood quality, there are no protocols for producing seedlings of this species. The purpose of this study is to evaluate the adventitious rooting of woody stem cuttings of *P. fortunei*, with and without leaves, collected in three seasons, with different concentrations enforcement of indolebutyric acid (IBA) and also to compare possible anatomical differences among the stakes in different seasons. Shoots from the year of *P. fortunei* had been collected from 10 mother plants, with approximately 20 years of age, in the state of Santa Catarina during autumn and spring of 2011 and summer of 2012, from which had been made two types of woody stem cuttings. The first one was about 10-12 cm long with bevel cut at the base and straight cut above the apical last gem, remaining two sheets cut to a circular area of approximately 78.5 cm<sup>2</sup> (10 cm diameter) in the upper third of the stake; the second one, with similar specifications but with no leaves. After disinfection, the treatment of the base of cuttings has proceeded with indolebutyric acid at concentrations of 0, 500, 1000, 1500 and 2000 mg L<sup>-1</sup>. Trees were planted in tubes of 110 cm<sup>3</sup>, filled with average particle size vermiculite and carbonized rice hull (1:1 v/v) placed in a heated greenhouse with intermittent nebulization. After 60 days, the rooting percentage, number and length of roots/cutting, the percentage of cuttings with callus, survival, mortality and issuing shoots had been evaluated. The results have shown the absence of leaves encouraged the adventitious rooting of cuttings in all seasons covered for comparison in this study, having no significant differences among the seasons. Though, the autumn results presented the highest rooting percentage, with 12.75%. The best result for the number of roots/cutting has been observed in the spring, with 3.04 roots/cutting; callus formation in cuttings was higher compared to those that had been collected with leaves in the fall (94.25%) and applying IBA had not influenced positively on rooting of either types of cuttings, being its application unnecessary. There has been no influence of anatomical differences over the issuance of new roots.

**Key words:** Auxin, cutting, Scrophulariaceae.

### 3.1. INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa é bastante consolidada na produção comercial de espécies florestais no mundo, apresentando vantagens como a reprodução de características de interesse inerentes às plantas matrizes, ou seja, gerando uniformidade nas populações propagadas, bem como propiciando a produção de um grande número de exemplares a partir de uma única planta ou progênie (HARTMANN *et al.*, 2011). Esta técnica justifica-se ainda quando há a disponibilidade de um genótipo de alta qualidade e produtividade, ou quando a espécie apresenta alguma limitação, como por exemplo, baixa produtividade de sementes (XAVIER *et al.*, 2003).

A propagação por estaquia consiste em promover o enraizamento adventício de segmentos destacados da planta matriz, os quais, sendo submetidos a condições favoráveis, originam uma nova planta completa. Esses segmentos utilizados para fins de propagação são denominados estacas (FACHINELLO *et al.*, 1994). O sucesso dessa técnica depende de diversos fatores que estão relacionados ao enraizamento, variando para cada espécie, de acordo com o tratamento subsequente, sendo a maior ou menor facilidade de enraizar explicada pelo conhecimento dos fatores intrínsecos, como estágio fisiológico, balanço hormonal, juvenilidade e idade da planta matriz, e extrínsecos ao material, como a estação do ano, luz, temperatura e umidade (ONO; RODRIGUES, 1996; ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; FERRIANI, 2008).

A aplicação de reguladores vegetais, principalmente do grupo das auxinas, propicia o enraizamento de muitas espécies, sendo que a sua concentração adequada varia de acordo com alguns fatores como, a espécie estudada, clone, estado de maturação, tipos de estacas, condições ambientais, forma e tempo de aplicação, dentre outros. Vale ressaltar que os reguladores vegetais em concentrações ideais promovem o enraizamento, porém em concentrações acima do ideal, passam a ser um fator inibitório para a rizogênese (XAVIER *et al.*, 2009).

Da mesma forma, é importante ter conhecimento das características anatômicas da planta que se deseja estudar o processo de enraizamento, visando identificar possíveis barreiras anatômicas presentes nas mesmas, tendo em vista que durante a formação dos primórdios radiciais, ocorre uma série de eventos anatômicos logo após a desdiferenciação e rediferenciação, sendo que divisões celulares produzem um aglomerado simétrico e radial,



que culmina em um meristema radicial com desenvolvimento e protusão do primórdio através da epiderme (BLAKESLEY *et al.*, 1991).

Um exemplo de barreira anatômica é a formação de anéis de esclerênquima contínuos entre o floema e o córtex, que resultam em uma camada externa ao local de origem do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011). No entanto, algumas barreiras podem estar relacionadas a características anatômicas específicas de cada espécie. Bastos (2005), ao verificar um menor potencial de enraizamento em estacas lenhosas de caramboleira *Averrhoa carambola* L., sugeriu que este não resulta em um impedimento total para formação das suas raízes, mas sim em decorrência de eventos anatômicos específicos, com a formação de um cilindro quase contínuo de tecidos lignificados, dificultando seu enraizamento.

O gênero *Paulownia*, pertencente à família Scrophulariaceae, é originário do leste da Ásia, sendo popularmente conhecido como quiri. Das 15 espécies pertencentes a este gênero, as mais conhecidas e cultivadas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana*, e *P. tomentosa* (BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Data de 1956 a introdução do quiri no Brasil, sendo relativamente escassa a bibliografia sobre pragas e outros agentes prejudiciais a esta essência florestal. Este gênero foi também introduzido na América do Norte, Austrália, Europa e Japão, para diferentes fins (KUMAR *et al.*, 1999).

Apresenta madeira leve e de boa resistência, com grande aplicação fora do Brasil para confecção de objetos leves como caixas, forros, salto de sapatos, dentre outros. Possui potencial paisagístico, tendo em vista sua exuberante florada durante os meses de primavera, antes do surgimento de sua folhada (LORENZI *et al.*, 2003).

Existem diversos trabalhos com o gênero *Paulownia* realizados no mundo. Na China, em trabalhos com sistemas silvipastoris, a espécie *Paulownia elongata* favoreceu uma redução de 20% a 30% na velocidade dos ventos que incidiam sobre a pastagem (ZHU *et al.*, 1986). Tem despertado interesse em alguns países da América do Norte, principalmente em função de características intrínsecas de sua madeira, como baixa densidade, resistência à ação de microrganismos e agentes xilófagos, além do seu extraordinário crescimento a campo (BONNER, 1990). Entretanto, no Brasil a espécie ainda é praticamente desconhecida.

A lentidão, aliada a grande variação fenotípica resultante da propagação sexuada para o gênero *Paulownia*, gera a necessidade de estudos mais detalhados no que diz respeito a outras vias para a propagação de quiri, tornando a propagação vegetativa convencional interessante para a obtenção de uma grande quantidade de mudas em curto espaço de tempo

(BERGMANN, 1997). Entretanto, a ausência de trabalhos no Brasil que apresentem de uma forma concisa protocolos de propagação para este gênero, tem dificultado a utilização eficiente dessa espécie.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o enraizamento de estacas caulinares de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com e sem folhas, coletadas em três estações do ano, com a aplicação de ácido indol butírico em diferentes concentrações, a fim de indicar um tratamento para o enraizamento da espécie, que seja eficiente do ponto de vista técnico para fins de resgate de material superior, bem como verificar por meio de análises anatômicas e histoquímicas, a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de raízes adventícias.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 ESTAQUIA

A coleta do material vegetativo de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foi realizada em propriedade rural pertencente ao senhor Nilvo José Mees, localizada na comunidade de Chapadão Nova Itália, município de Aurora - SC, sob as coordenadas 27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W. O clima é caracterizado como subtropical (mesotérmico úmido com verões quentes) segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual entre 18-19 °C, precipitação anual entre de 1300-1500 mm, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida, sendo os experimentos conduzidos no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo - PR.

Brotações do ano de *P. fortunei* foram coletadas de 10 plantas matrizes com cerca de 60-80 cm de diâmetro a altura do peito (dap), em três estações do ano, realizadas nas seguintes datas: 04/04/2011 (outono), 03/10/2011 (primavera) e 23/01/2012 (verão). Uma amostra da espécie foi devidamente preservada e depositada no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná sob o número de registro UPCB 73379.

Após a coleta a campo, os ramos foram umedecidos, acondicionados em sacos plásticos e transportados para ambiente coberto, sendo confeccionados dois tipos de estacas: caulinares lenhosas com 10 a 12 cm de comprimento, com corte em bisel na base e reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície circular aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior da estaca; o segundo, com as mesmas especificações, porém, sem a presença das folhas (Figura 1.1).

Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em balde com água a fim de evitar desidratação do material. Depois de confeccionadas, as estacas foram envoltas em papel umedecido e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sendo transportadas para as dependências da Embrapa Florestas em Colombo-PR.



Figura 1.1 - Vista geral das estacas proveniente de brotações do ano de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. A) Confeccionada com um par de folhas; B) Confeccionada sem folhas;

No Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo - PR, as estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), e lavadas em água corrente por 10 minutos, sendo posteriormente tratadas com Benlate® 0,1% também por 10 minutos (ação fungicida). Na sequência, procedeu-se o tratamento das bases das estacas com ácido indol butírico (IBA) conforme os seguintes tratamentos (T):

- T1: 0 mg L<sup>-1</sup> IBA (testemunha);
- T2: 500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T3: 1000 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T4: 1500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T5: 2000 mg L<sup>-1</sup> IBA.

Para os tratamentos envolvendo diferentes concentrações de IBA, as bases das estacas foram imersas por 10 segundos em solução hidroalcolica (50% v/v) de ácido indol butírico P. A. do Laboratório Merck. As estacas referentes ao tratamento T1 (0 mg L<sup>-1</sup> IBA) não foram submetidas a tratamentos com regulador vegetal, sendo apenas imersas em solução de água destilada e álcool (50% v/v).

O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 3 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24 °C  $\pm$  2 °C e umidade relativa do ar superior a 80%).

As médias de temperatura máxima, média e mínima da casa de vegetação no decorrer do experimento estão apresentadas na Figura 1.2.

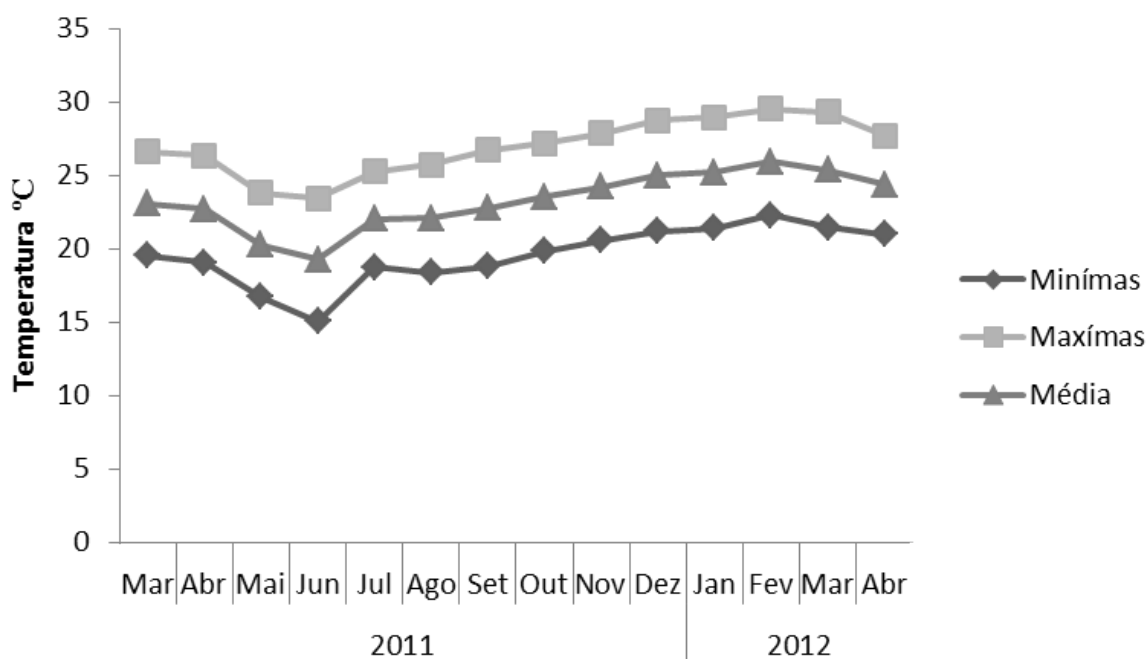


Figura 1.2 - Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas entre os meses de março/2011 a abril/2012.

Transcorridos 60 dias da instalação dos experimentos, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes de pelo menos 2 mm de comprimento);
- Número de raízes/estaca;
- Comprimento médio das três maiores raízes/estaca (cm);
- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);

- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados);
- Porcentagem de estacas brotadas (estacas vivas, com ou sem formação de raízes e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);

Os experimentos foram implantados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x5 [2 tipos de estacas (com e sem folhas) x 5 concentrações de IBA], com quatro repetições contendo 20 estacas por unidade experimental, repetido nas estações do outono/2011, primavera/2011 e verão/2012. A análise foi realizada separadamente em cada estação do ano.

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### **3.2.2 ANÁLISES ANATÔMICAS**

Nas estações do outono e primavera/2011 e verão/2012, antes da instalação dos experimentos de estaquia, foram coletadas amostras de cerca de 3 cm da base das estacas, as quais foram fixadas em FAA70 por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em álcool 70% até o início das atividades de confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e infiltrados em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) com espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido, cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos, e sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de

safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi permanentes com a utilização de gelatina-glicerinada, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas através de fotomicrografias em fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Ficologia - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 ESTAQUIA

##### 3.3.1.1 COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS ESTAÇÕES DO ANO ESTUDADAS

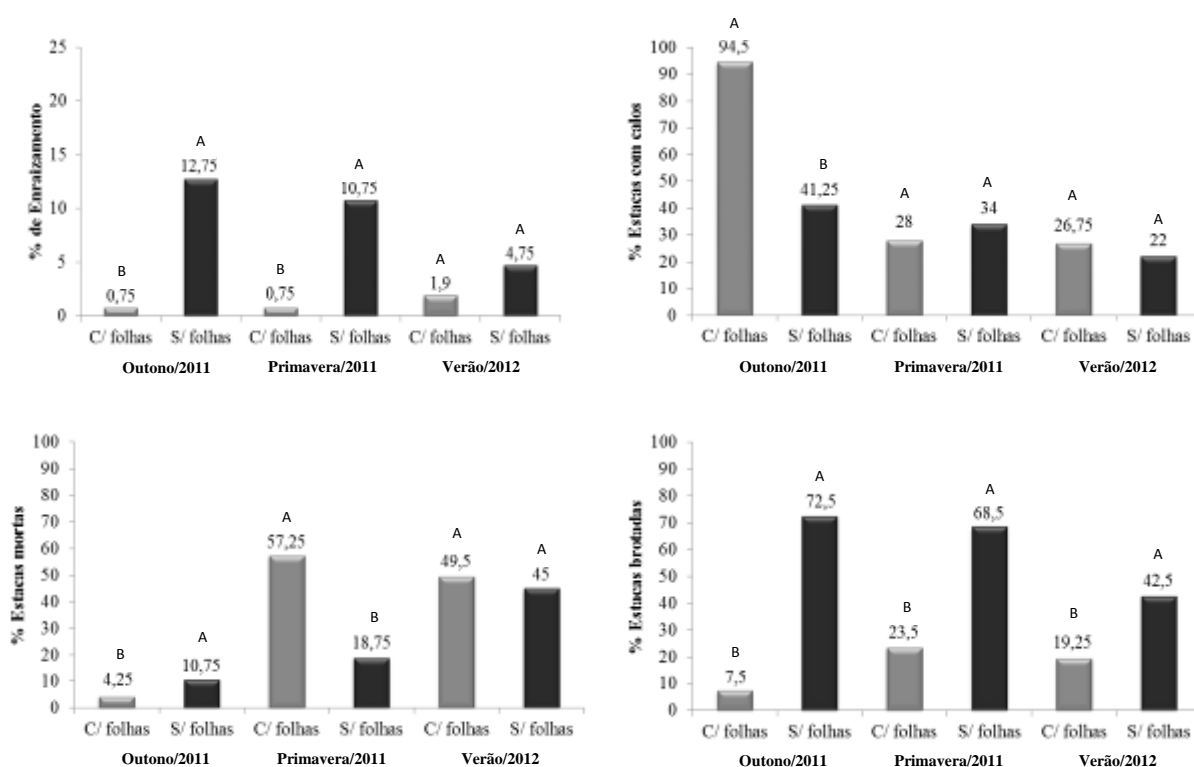
Os resultados comparativos para as variáveis porcentagem de estacas enraizadas, estacas com calos, estacas mortas e estacas brotadas de *P. fortunei*, confeccionadas com folhas e sem folhas, nas três estações do ano estudadas, estão apresentados na Figura 1.3.

De maneira geral, pode-se verificar um melhor enraizamento em estacas confeccionadas sem folhas, nas estações do Outono (12,75% ) e primavera/2011 (10,75%). Esses valores, resultantes das médias de enraizamento, independente das concentrações de IBA utilizadas, não são resultados satisfatórios no que se refere à recomendação desta forma de propagação, visando a posterior produção de mudas. Com base nos baixos valores para enraizamento de estacas provenientes de brotações do ano de *P. fortunei*, tem-se indício de que outros tipos de propágulos devem ser coletados para, assim, serem efetivos na resposta de um maior enraizamento da espécie.

Para a porcentagem de estacas com calos, os maiores resultados tanto para estacas com folhas como sem folhas, foram verificados no outono/2011, sendo maiores para estacas com folhas nesta estação. Estes valores podem indicar a baixa juvenilidade do material utilizado, levando-se em consideração o uso de plantas matrizes adultas (HARTMANN *et al.*, 2011). No entanto, estes valores encontrados para estacas com calos, não favoreceram o enraizamento de estacas nesta espécie, evidenciando que, a formação de raízes adventícias em estacas provenientes de brotações do ano de quiri não ocorre de maneira indireta, ou seja, a diferenciação do tecido da base das estacas para formação de calos não resulta em desdiferenciação para formação de raízes.



Os maiores valores para a porcentagem de estacas mortas foram verificados em estacas com folhas na primavera/2011, com 57,25%. A menor mortalidade das estacas, levando-se em conta o objetivo de propagar as mudas com eficiência, foi verificada em estacas com folhas na estação do outono/2011, com apenas 4,25% de estacas mortas. No entanto, os elevados valores de mortalidade nas estações de primavera/2011 e verão/2012, não condizem com os objetivos do presente trabalho, deixando clara a existência de fatores que foram desfavoráveis a rizogênese e favoráveis a mortalidade de estacas de quiri.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada estação do ano não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1.3 - Médias gerais das porcentagens de enraizamento, estacas com calos, estacas mortas e estacas brotadas de estacas provenientes de brotações do ano de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, confeccionadas com e sem folhas, coletadas nas estações do outono/2011, primavera/2011 e verão/2012.

A maior porcentagem de estacas brotadas foi verificada naquelas sem folhas, independentemente da estação do ano estudada, com o maior valor verificado no outono/2011, com 72,5% de estacas brotadas. Foi verificada ao longo do experimento uma queda precoce das folhas em estacas confeccionadas com um par de folhas, possivelmente resultado do estresse gerado no processo de confecção e transporte das estacas, aumentando os níveis endógenos de etileno (TAIZ; ZEIGER, 2009), associados ao tamanho do pecíolo nas

estacas (10 a 20 cm), culminando na abscisão foliar.

Para as estacas sem folhas, ao contrário do fato acima suposto, estas responderam rapidamente as condições de alta umidade e temperatura em casa de vegetação emitindo brotos logo na primeira semana de instalação, embora sem reflexo na sobrevivência e no enraizamento, levando-se em conta que grande parte das estacas que emitiram brotos foi morrendo ao longo do experimento, fato este possivelmente atrelado ao consumo das reservas energéticas presentes nas estacas com a finalidade de manutenção destes brotos. Como não apresentavam a formação de um sistema radicial, o esgotamento destas reservas pode ter resultado na mortalidade das estacas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Os resultados de todas as variáveis estudadas, referentes às concentrações de ácido indol butírico utilizado em cada tipo de estaca, serão apresentados a seguir, sendo analisados separadamente em cada estação do ano estudada.

### **3.3.1.2 OUTONO/2011**

A análise de variância para os dados coletados no outono/2011 revelou que a interação entre os fatores tipos de estacas e concentrações de IBA foi significativa para as variáveis porcentagem de calos e de sobrevivência, indicando que os fatores não são independentes. Para as demais variáveis analisadas, os resultados indicaram que a interação entre os fatores foi não significativa, atestando que os fatores são independentes, que o fator tipos de estacas foi significativo para todas as variáveis e que o fator concentração de IBA foi significativo somente para as variáveis mortalidade e sobrevivência (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, mortalidade, sobrevivência e porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) no outono/2011.

		Quadrado médio						
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	B (%)
Tipos de Estacas	1	1440,00**	35,47**	56,56**	27825,62**	11730,62**	422,50**	42250,00**
Concentrações IBA	4	35,00 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	130,62 <sup>ns</sup>	154,05**	157,81*	87,50 <sup>ns</sup>
Tipos de Estacas x Concentrações IBA	4	18,12 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	194,37**	157,19**	108,43 <sup>ns</sup>	59,37 <sup>ns</sup>
Erro	30	80,83	3,91	3,83	48,96	13,09	43,68	87,08
Total	39							
Coeficiente de variação (%)		65,20	159,27	130,75	10,31	20,24	88,12	23,33
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		8,93 <sup>ns</sup>	4,83 <sup>ns</sup>	6,18 <sup>ns</sup>	11,87 <sup>ns</sup>	9,24 <sup>ns</sup>	14,66 <sup>ns</sup>	14,23 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; M: Mortalidade; S: Sobrevivência; B: Estacas brotadas;

Houve diferença estatística significativa em relação ao enraizamento para as estacas com e sem folhas coletadas no outono, sendo que o melhor resultado foi observado em estacas sem folhas, com 12,75%. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações, sendo que os tratamentos com 1000 mg L<sup>-1</sup> e 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associados a ausência de folhas, apresentaram médias de 17,50% e 15,00%, respectivamente (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Porcentagem de enraizamento em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de Enraizamento			
0	0,00	8,75	4,37 a
500	1,25	15,00	8,12 a
1000	1,25	17,50	9,37 a
1500	0,00	10,00	5,00 a
2000	1,25	12,50	6,87 a
Médias	0,75 B	12,75 A	
Coeficiente de variação = 65,25%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se uma porcentagem reduzida de enraizamento das estacas em todos os tratamentos. Levando-se em consideração a idade das plantas matrizes, esse fato poderia ser explicado por estas já serem plantas adultas (20 anos de idade), uma vez que, tanto a idade quanto as condições fisiológicas da planta estão entre os principais fatores que podem afetar a propagação, além de outros como: variabilidade genética, tipo e diâmetro da estaca, estação do ano em que são coletadas, condições ambientais a que são submetidas após a estaquia, e substrato utilizado (NACHTIGAL; PEREIRA, 2000), indicando que a capacidade de uma estaca emitir raízes adventícias depende de fatores endógenos da planta e das condições ambientais presentes durante o processo de enraizamento.

De acordo com Hartmann *et al.* (2011), a presença de folhas em estacas vegetais, pode ser fator preponderante na promoção do estímulo à iniciação de raízes adventícias pela translocação de carboidratos para a base da estaca, além de auxinas e outros co-fatores do enraizamento. No entanto, apesar das baixas porcentagens de enraizamento verificadas, pode-se observar no presente estudo uma superioridade na porcentagem de enraizamento em

estacas sem folhas, em comparação a estacas com folhas, fato este, que pode ser explicado pela queda precoce (cinco dias de instalação) das folhas em estacas com um par de folhas, atingindo uma queda total com cerca de 30 dias da instalação. Isso pode ter ocorrido devido ao tamanho do pecíolo das estacas, que variou de 15 a 25 cm de comprimento, gerando um peso excessivo sobre a base das mesmas.

Outra característica que pode estar relacionada com o baixo percentual de enraizamento em estacas com folhas, está associada à grande área foliar apresentada pela espécie, bem como sua heterogeneidade. Procurando amenizar os efeitos negativos decorrentes dessa característica, padronizou-se esta área foliar, estabelecendo-se a redução das duas folhas apicais a um círculo com 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar), a fim de atenuar o efeito da transpiração foliar, bem como a deposição do excesso de água na lâmina foliar (efeito guarda-chuva). Tal efeito é verificado em espécies com grande área foliar, onde há a sobreposição das folhas em casa de vegetação, dificultando a passagem de água da irrigação para o substrato. Mesmo com a redução da área foliar, verificou-se um pequeno efeito de sobreposição das folhas, inicialmente corrigido com regas adicionais e posteriormente normalizado com a queda natural das folhas.

Outro fator que pode ter favorecido o enraizamento de estacas de *P. fortunei* sem folhas está relacionado ao fato de que grande parte das estacas emitiu brotos logo após a instalação, nos primeiros sete dias, enquanto as estacas com folhas somente emitiram brotos após a queda das mesmas e em menor quantidade e vigor.

De acordo com Hartmann *et al.* (2011) o enraizamento adventício em estacas pode estar relacionado à formação de brotos ou gemas laterais metabolicamente ativas, onde sua presença nos primeiros três a quatro dias após o plantio das estacas pode ser favorável à formação de raízes; no entanto, após dado período, sem a formação de raízes, sua presença pode tornar-se prejudicial, passando estes brotos a consumir as reservas energéticas das estacas para sua formação, onde, em alguns casos, a remoção dos brotos pode levar à paralisação total do processo de enraizamento.

Outro fato observado foi a emissão precoce de brotos seguida da morte dos mesmos, resultando posteriormente na mortalidade total das estacas. Fato semelhante foi verificado em estudo realizado com louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell.), após 80 dias em casa de vegetação, onde ocorreu a mortalidade total das estacas precedida da formação de brotos, o que pode indicar a ausência de influencia da emissão de brotos no sucesso do enraizamento adventício desta espécie (HERBELE *et al.*, 2010).

A maior porcentagem de enraizamento no outono encontrada para brotações do ano de *P. fortunei* pode estar associada a uma maior reserva de carboidratos presentes nos ramos (HARTMANN *et al*, 2011). De acordo com Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001), para o sucesso no processo de indução de raízes adventícias, é necessário que haja no caule uma determinada quantidade de substâncias de reserva, as quais são responsáveis pelo fornecimento da energia requerida para emissão de raízes. A translocação destas reservas ocorre geralmente no período de repouso vegetativo, sendo que o outono, em função da diminuição das temperaturas é a época que possui estas reservas imediatamente disponíveis. Os carboidratos podem também exercer outras funções na indução ao enraizamento, influenciando na osmorregulação e em outros fenômenos físico-químicos (HAISSIG; RIEMENSCHNEIDER, 1988).

De maneira geral, apesar dos baixos índices de enraizamento apresentados, os resultados encontrados mostram-se promissores para fins de resgate de matrizes, uma vez que para tal, a possibilidade de enraizamento do material já significa um ganho considerável, pois este método de propagação não tem por objetivos a produção massal de mudas, mas sim, o resgate destas plantas, sendo a produção massal (via miniestaquia) dependente diretamente do rejuvenescimento deste material (Figura 1.4).



Figura 1.4 - Enraizamento em estacas sem folhas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono/2011.

Para o número de raízes/estaca, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 2,18 raízes/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com 0,30 raízes/estaca. Não houve diferença significativa entre as médias das diferentes

concentrações, sendo que os tratamentos com 2000 mg L<sup>-1</sup> e 1000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associados a ausência de folhas, apresentaram médias de 2,96 e 2,69 raízes/estaca, respectivamente (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 - Número de raízes/estaca de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
	Número de raízes/estaca		
0	0,00	1,17	0,58 a
500	1,00	1,94	1,47 a
1000	0,25	2,69	1,47 a
1500	0,00	2,17	1,08 a
2000	0,25	2,96	1,60 a
Médias	0,30 B	2,18 A	
Coeficiente de variação = 159,27%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rickli (2012) onde, trabalhando com estacas de guaricica (*Vochysia bifalcata*), com diferentes concentrações de ácido indol butírico, não encontrou diferença estatística entre as diferentes concentrações de IBA para a variável número de raízes/estaca.

O uso de reguladores vegetais, especificamente o ácido indol butírico (IBA), é aconselhável por estimular e acelerar o processo de formação de raízes adventícias (ONO; RODRIGUES, 1996), aumentando o índice de enraizamento, a velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011). No entanto, no presente experimento não foi verificada influência do ácido indol butírico sobre o enraizamento e número de raízes/estaca de quiri.

Para o comprimento médio das três maiores raízes/estaca, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 2,39 cm/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com 0,31 cm/estaca. Não houve diferença significativa entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 3,49 cm/estaca (Tabela 1.4).



Tabela 1.4 - Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Comprimento médio de raízes/estaca			
0	0,00	2,95	1,48 a
500	0,51	2,46	1,48 a
1000	0,52	1,85	1,19 a
1500	0,00	3,49	1,75 a
2000	0,50	2,67	1,59 a
Médias	0,31 B	2,39 A	
Coeficiente de variação = 130,75%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para produção de mudas de qualidade é necessário um bom crescimento radicial durante o período de emissão de raízes adventícias, uma vez que o vigor radicial é um fator diretamente relacionado com o crescimento das mudas a campo (BRONDANI *et al.*, 2009). Casos de má formação das raízes podem refletir em uma menor eficiência sobre a absorção de água e nutrientes necessários para suas atividades fisiológicas, resultando em deficiência hídrica e nutricional, o que pode ser fatal à planta (MAFIA *et al.*, 2005).

Para a porcentagem de calos, houve diferenças estatísticas entre estacas confeccionadas com folhas e sem folhas, sendo que as estacas com folhas apresentaram-se superiores estatisticamente em todas as concentrações estudadas. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, para estacas com folhas não foram verificadas diferenças significativas, já para estacas sem folhas, as concentrações 2000 e 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA apresentaram-se superiores, com 50,00% e 47,50%, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas da concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 31,25% de estacas com calos (Tabela 1.5).

Esta grande formação de calos pode indicar condições ambientais favoráveis ao enraizamento de estacas, embora também possa indicar a baixa juvenilidade do material em questão (HARTMANN *et al.*, 2011), fato este que pode explicar as altas porcentagens de formação de calos em estacas provenientes de brotações do ano de *P. fortunei* (Figura 1.5), tendo em vista que o material vegetal em questão foi coletado de

plantas adultas de quiri. Além disso, as estacas confeccionadas com folhas são também responsáveis pelos menores índices de enraizamento em estacas de brotações do ano de *P. fortunei*, evidenciando o fato de que esta diferenciação do tecido da base das estacas para a formação de calos não resulta em desdiferenciação para formação de raízes adventícias, sendo estas geradas de forma direta.

Tabela 1.5 - Porcentagem de calos em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]					
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas		Sem folhas		Médias	
Porcentagem de estacas com calos						
0	96,25	a A	47,50	a B	71,87	
500	98,75	a A	31,25	b B	65,00	
1000	97,50	a A	40,00	a b B	68,75	
1500	86,35	a A	38,75	a b B	62,50	
2000	92,50	a A	50,00	a B	71,25	
Médias	94,50		41,25			
Coeficiente de variação = 10,31%						

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à sobrevivência, houve diferenças estatísticas entre estacas confeccionadas com folhas e sem folhas, sendo que as estacas sem folhas apresentaram-se superiores estatisticamente em todas as concentrações estudadas. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, para estacas com folhas, verificou-se não haver diferenças significantes, sendo que os valores apresentados foram praticamente nulos, não ultrapassando 1,25% de estacas vivas. Na comparação das médias para estacas sem folhas, as concentrações 500, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA apresentaram-se superiores, com 43,75%, 40% e 40%, respectivamente, diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 1.6).

Tais resultados estão diretamente relacionados aos observados para enraizamento neste experimento, uma vez que, para as estacas sem folhas, a alta sobrevivência em casa de vegetação pode refletir em um maior percentual de estacas enraizadas se estas forem expostas a um período mais longo de avaliação.

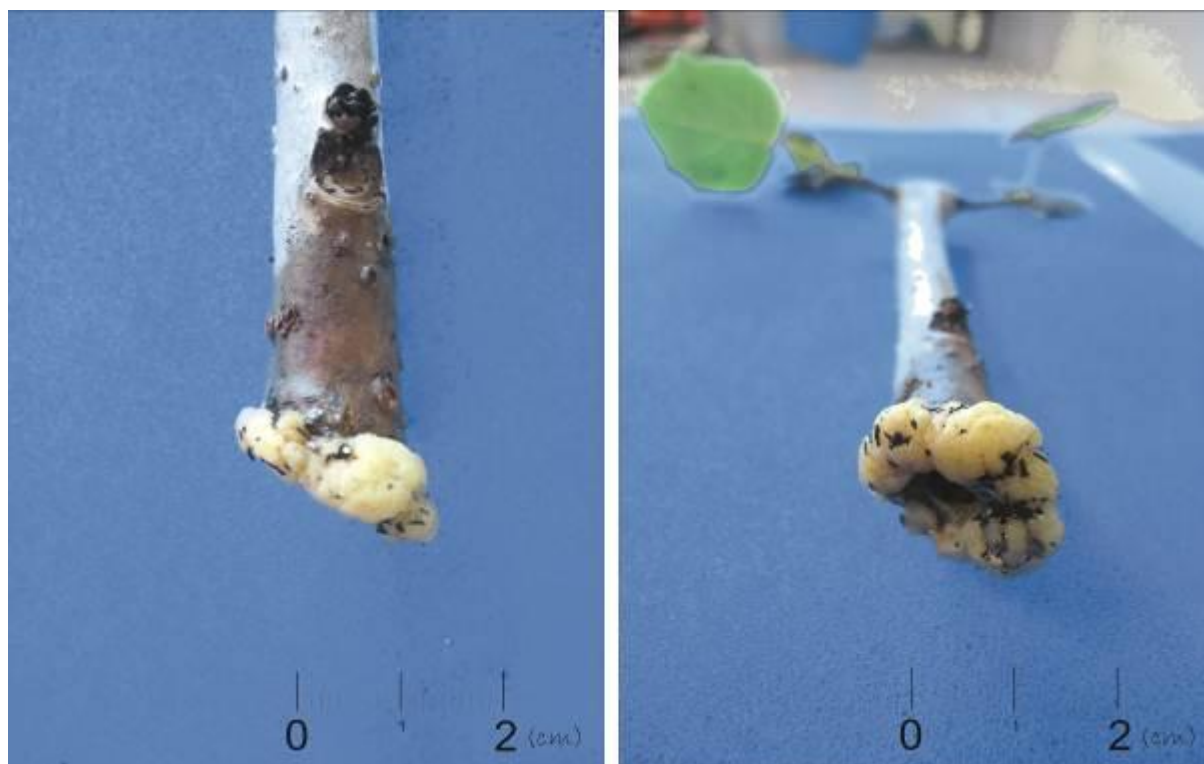


Figura 1.5 - Presença de calos em estacas com folhas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono/2011.

Tabela 1.6 - Porcentagem de sobrevivência em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]				
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas		Sem folhas		Médias
Porcentagem de sobrevivência					
0	1,25	a B	23,75	b A	12,50
500	0,00	a B	43,75	a A	21,87
1000	1,25	a B	40,00	a A	20,62
1500	1,25	a B	40,00	a A	20,62
2000	0,00	a B	27,50	b A	13,75
Médias	0,75		35,00		
Coeficiente de variação = 20,24%					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável mortalidade de estacas de *P. fortunei* o maior resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 10,75% de estacas mortas, diferindo estatisticamente de estacas confeccionadas com folhas, com 4,25%. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas,

verificou-se que as concentrações de 1500 e 0 mg L<sup>-1</sup> foram superiores, com 11,87% e 11,25%, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas da concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup>, com 1,25% de estacas mortas (Tabela 1.7).

Tabela 1.7 - Mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de mortalidade			
0	2,50	20,00	11,25 a
500	0,00	10,00	5,00 a b
1000	0,00	2,50	1,25 b
1500	12,50	11,25	11,87 a
2000	6,25	10,00	8,12 a b
Médias	4,25 B	10,75 A	
Coeficiente de variação = 88,12%			

Coefficiente de variação = 88,12%

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes baixos índices apresentados para a variável mortalidade de estacas de *P. fortunei* encontrados no outono, podem estar relacionados às condições fisiológicas apresentadas pelas plantas matrizes nesta estação do ano, uma vez que, como já mencionado, a planta inicia neste período o estoque de reservas no caule, com o intuito de nutrir-se durante o período de dormência vegetativa (HARTMANN *et al.*, 2011). Isto ocorre, pois esta espécie apresenta deiscência foliar no período outonal, ou seja, perde todas as suas folhas e somente retoma seu crescimento vegetativo após a floração, no início da primavera. Desta forma, as reservas de carboidratos obtidas durante o outono podem levar a menores índices de mortalidade e consequentemente em maiores índices de enraizamento durante a manutenção destas estacas em casa-de-vegetação.

A manutenção de folhas em estacas de *P. fortunei* no outono não se mostrou favorável à sobrevivência destas em casa de vegetação, sendo possivelmente explicado pela queda precoce das folhas ocorrida na primeira semana de instalação. Resultados diferentes foram encontrados em trabalhos realizados com *Vochysia bifalcata* Warm., onde verificou-se a importância da manutenção de folhas terminais na preservação e sobrevivência das estacas

(RICKLI *et al.*, 2012). Fato também evidenciado por Lima *et al.* (2011), onde a sobrevivência de estacas de *Camellia sinensis* L. estava correlacionada com a manutenção de folhas originais nas estacas.

Para a brotação de estacas no outono, o melhor resultado foi verificado naquelas sem folhas, com 72,5%, diferindo estatisticamente dos resultados para estacas com folhas, com 7,5%. Não houve diferença significativa entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 78,75% de estacas brotadas (Tabela 1.8). Estes resultados, para estacas confeccionadas sem folhas, denotam o vigor da espécie que, mesmo em início do período de repouso vegetativo, apresenta grande porcentagem de estacas brotadas.

Tabela 1.8 - Porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl.var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no outono/2011.

diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico, coletadas no Outono/2011.			
[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de estacas brotadas			
0	6,25	72,50	39,37 a
500	8,75	78,75	43,75 a
1000	15,00	71,25	43,12 a
1500	2,50	71,25	36,87 a
2000	5,00	68,75	36,87 a
Médias	7,50 B	72,50 A	
Coeficiente de variação = 23,33%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os elevados percentuais de formação de brotos em estacas sem folhas em relação às com folhas no outono podem estar relacionado aos altos índices de sobrevivência das mesmas em casa de vegetação, bem como ao melhor enraizamento observado, recomendando-se um maior período de permanência das estacas em casa de vegetação, para verificar o efeito destes sobre as estacas.

### **3.3.1.3 PRIMAVERA/2011**

A análise de variância para os dados coletados na primavera/2011 revelou que a interação entre os fatores tipos de estacas e concentrações de IBA foi significativa somente para a variável mortalidade, indicando que os fatores não são independentes. Para as demais variáveis analisadas, os resultados indicaram que a interação entre os fatores foi não significativa, atestando que os fatores são independentes. Em relação ao fator tipos de estacas, este foi significativo, com exceção da porcentagem de calos, para todas as variáveis. O fator concentração de IBA foi significativo somente para a variável mortalidade (Tabela 1.9).

Tabela 1.9 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) na primavera/2011.

Quadrado médio								
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	B (%)
Tipos de Estacas	1	1000,00**	77,75**	174,43**	360,00 <sup>ns</sup>	5062,50**	14822,50**	20250,00**
Concentrações IBA	4	20,94 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	5,31 <sup>ns</sup>	146,25 <sup>ns</sup>	154,06 <sup>ns</sup>	202,19 <sup>ns</sup>	104,06 <sup>ns</sup>
Tipos de Estacas x Concentrações IBA	4	26,56 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	3,38 <sup>ns</sup>	319,37 <sup>ns</sup>	45,31 <sup>ns</sup>	377,19*	232,81 <sup>ns</sup>
Erro	30	14,78	3,36	4,12	239,58	124,58	105,00	242,08
Total	39							
Coeficiente de variação (%)		66,87	111,45	69,28	49,93	44,20	26,97	33,82
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		10,38 <sup>ns</sup>	10,67 <sup>ns</sup>	11,58 <sup>ns</sup>	8,47 <sup>ns</sup>	7,24 <sup>ns</sup>	13,55 <sup>ns</sup>	11,66 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; M: Mortalidade; S: Sobrevivência; B: Estacas brotadas;

Para a porcentagem de enraizamento em estacas de *P. fortunei*, coletadas na primavera, o melhor resultado foi verificado naquelas sem folhas, com 10,75%, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, as quais apresentaram apenas 0,75%. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com maior percentual de enraizamento ocorreu na concentração de 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, aplicados a estacas sem folhas, apresentando média de 15% de enraizamento (Tabela 1.10).

Tabela 1.10 - Porcentagem de enraizamento em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

na primavera/2011.			
[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de Enraizamento			
0	0,00	12,50	6,25 a
500	1,25	6,25	3,75 a
1000	0,00	11,25	5,62 a
1500	1,25	15,00	8,12 a
2000	1,25	8,75	5,00 a
Médias	0,75 B	10,75 A	
Coeficiente de variação = 66,87%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma que o observado no outono, as estacas com um par de folhas começaram a perder suas folhas com 5 dias após a instalação, atingindo uma queda total com cerca de 30 dias da instalação. Tal fato, como já mencionado, pode estar associado ao tamanho do pecíolo das estacas, o qual pode ter gerado um peso excessivo sobre a base das mesmas e resultando em sua queda precoce.

Além disso, o efeito guarda-chuva também foi observado, apesar da redução da área foliar a um círculo com 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar), pode ter causado um impedimento à chegada de água em quantidades suficientes no substrato, devido a maior deposição de água na lâmina foliar. Outros efeitos, como o maior aporte de brotos e com maior vigor em estacas sem folhas, parecem não estar relacionados aos diferentes períodos de coletas, uma vez que isso se repetiu nessa estação.



Por outro lado, de acordo com Nachtigal *et al.* (1999), a queda de folhas das estacas em casa de vegetação pode influenciar negativamente o processo de enraizamento, ou ainda elevar os índices de mortalidade de estacas. Observação semelhante foi feita por Araújo *et al.* (1999), os quais afirmam que a retenção foliar pode reduzir a mortalidade de estacas, pois são fontes naturais de carboidratos e auxinas. Entretanto, para satisfazer este objetivo, é preciso ter um controle adequado das condições de temperatura e umidade do ambiente. A queda das folhas, seja por excesso de temperatura ou pela baixa umidade relativa, pode limitar a produção de mudas clonais em diversas espécies (ANDERSEN, 1986).

A coleta das estacas aconteceu no mês de outubro, quando as plantas matrizes estavam em estágio fenológico de floração e em retomada do crescimento vegetativo, tendo em vista sua caducifolia. Tal fato pode ter limitado o enraizamento de estacas em função da utilização das reservas de carboidratos para fins de floração, não estando dessa forma disponíveis para o enraizamento. Sabe-se ainda que o teor de carboidratos nos tecidos vegetais está relacionado de certa forma à consistência dos ramos, e que varia em função das estações climáticas, sendo que nas estações de maior vigor vegetativo, como na primavera e verão, estes apresentam-se com uma consistência mais herbácea em relação a estações de clima mais ameno. Isso pode estar relacionado aos níveis de hormônios presente nos tecidos vegetais pois, estacas herbáceas tendem a apresentar maiores concentrações de auxinas que estacas lenhosas (FACHINELLO *et al.*, 1994).

Para o número de raízes na primavera, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 3,04 raízes/estaca, diferindo estatisticamente daquelas com folhas, com 0,25 raízes/estaca. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 4,62 raízes/estaca (Tabela 1.11).

Resultados semelhantes foram encontrados por González e Schmidt (1992), trabalhando com estacas lenhosas de goiabeira, onde não encontraram diferenças significativas ao nível de 5% de erro para a variável número de raízes/estaca.

De acordo com Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001) e Hartmann *et al.* (2011), a utilização de auxinas em concentrações adequadas é recomendada para o estímulo de emissão de raízes adventícias e ampliação dos índices de enraizamento, gerando maior número de raízes em um menor espaço de tempo, além de promover a uniformidade e qualidade do sistema radicial formado. Entretanto, no presente experimento, não foi verificada a influência das diferentes concentrações estudadas sobre a variável número de raízes/estaca de quiri.

Resultados semelhantes foram verificados em estacas de laranjeira ‘valência’ (ROSSAL, 1994) e em estacas lenhosas de caramboleira (BASTOS, 2002), onde, em ambos os casos não se verificou a influencia de diferentes concentrações de IBA sobre o número de raízes por estaca.

Tabela 1.11 - Número de raízes/estaca em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

concentrações de ácido indolbutírico, coletadas na primavera 2011.			
[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Número de raízes/estaca			
0	0,00	2,46	1,23 a
500	0,25	4,62	2,44 a
1000	0,00	2,87	1,44 a
1500	0,75	2,61	1,68 a
2000	0,25	2,62	1,44 a
Médias	0,25 B	3,04 A	
Coeficiente de variação = 111,45%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao comprimento médio das três maiores raízes, na primavera, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 5,02 cm/estaca, diferindo estatisticamente daquelas com folhas, com 0,84 cm de raízes/estaca. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 6,77 cm de raízes/estaca (Tabela 1.12).

Trabalhando com estacas de ameixeira, Tofanelli *et al.* (2001), constataram não haver influencia da aplicação de IBA na promoção de um sistema radicial de qualidade. Carvalho *et al.* (1998), também não encontraram efeitos de interação significativos em relação ao uso de IBA na qualidade do sistema radicial em estacas lenhosas de lichieira. Resultado semelhante foi verificado por Ferriani *et al.* (2008), onde, trabalhando com estacas semilenhosas, provenientes de brotações do ano de plantas adultas de vassourão-branco, verificaram não haver influencia positiva da aplicação de IBA sobre o comprimento das três maiores raízes por estaca.

Tabela 1.12 - Comprimento médio das três maiores raízes/estaca de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Comprimento médio de raízes/estaca			
0	0,00	4,04	2,02 a
500	2,32	4,33	3,33 a
1000	0,00	4,82	2,41 a
1500	0,46	5,13	2,79 a
2000	1,42	6,77	4,10 a
Médias	0,84 B	5,02 A	
Coeficiente de variação = 69,28%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Barroso *et al.* (2000), o potencial de emissão de raízes adventícias em estacas representa a capacidade desta em desenvolver novas raízes em um determinado intervalo de tempo, sendo este um índice da qualidade fisiológica das mudas formadas a partir de estacas. Nesse sentido, é possível supor que estacas provenientes de brotações do ano de quiri, confeccionadas sem folhas na primavera, tendem a gerar mudas fisiologicamente com maior qualidade em comparação àquelas provenientes de estacas com folhas.

Para a porcentagem de estacas com calos de *P. fortunei*, na primavera, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados. Também não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou a maior média, com 38,75% de estacas com calos (Tabela 1.13).

Esta grande formação de calos pode indicar condições ambientais favoráveis ao enraizamento de estacas, por outro lado, pode indicar também a baixa juvenilidade do material em questão (HARTMANN *et al.*, 2011), tendo em vista que o material vegetal em questão foi coletado de plantas adultas de quiri. Estes resultados demonstram também, um equilíbrio entre as quantidades de auxinas e citocininas endógenas nas estacas (HARTMANN *et al.*, 2011), podendo ser um fator de impedimento na diferenciação das células do calo em células radiciais.

Tabela 1.13 - Porcentagem de estacas com calos em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de estacas com calos			
0	31,25	22,50	26,87 a
500	36,25	35,00	35,62 a
1000	31,25	37,50	34,37 a
1500	13,75	38,75	26,25 a
2000	27,50	36,25	31,87 a
Médias	28,00 A	34,00 A	
Coeficiente de variação = 49,93%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à sobrevivência de estacas na primavera (Tabela 1.14), o melhor resultado foi verificado naquelas sem folhas, com 36,5%, diferindo estatisticamente das com folhas, com 14% de sobrevivência. A sobrevivência das estacas está relacionada, entre outros fatores, com a capacidade de enraizamento das mesmas, sendo que para este experimento as estacas sem folhas apresentaram maior enraizamento em relação às estacas com folhas. Não houve diferença significativa entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 e 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentaram médias de 41,25% e 40%, respectivamente.

Para a mortalidade de estacas na primavera, aquelas confeccionadas com folhas apresentaram-se superiores àquelas sem folhas em todas as estações estudadas. Para as concentrações de IBA estudadas, na comparação das médias para estacas com folhas, as concentrações 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA apresentaram-se superiores, com 68,75% e 65,00%, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas da concentração de 500 mg L<sup>-1</sup>, com 41,25% de estacas mortas. Para estacas sem folhas, não foram verificadas diferenças significativas, sendo que o maior valor foi verificado na testemunha (0 mg L<sup>-1</sup>), com 25% de estacas mortas (Tabela 1.15).

Como já observado anteriormente, as estacas com folhas apresentaram menor sobrevivência que estacas sem folhas, uma vez que o não enraizamento, para estacas com folhas, resultou na mortalidade das mesmas. Dessa forma, a queda precoce das folhas também

verificada nessa estação, gera uma maior mortalidade em relação a estacas sem folhas, as quais não apresentaram esses problemas.

Tabela 1.14- Porcentagem sobrevivência de estacas em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de sobrevivência			
0	13,75	40,00	26,87 a
500	21,25	41,25	31,25 a
1000	12,50	30,00	21,25 a
1500	16,25	36,25	26,25 a
2000	6,25	35,00	20,62 a
Médias	14,00 B	36,50 A	
Coeficiente de variação = 44,20%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1.15 - Porcentagem de mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

[IBA]		[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias	
Porcentagem de Mortalidade				
0	55,00 a b A	25,00 a B	40,00	
500	41,25 b A	17,50 a B	29,37	
1000	56,25 a b A	21,25 a B	38,75	
1500	68,75 a A	10,00 a B	39,37	
2000	65,00 a A	20,00 a B	42,50	
Médias	57,25	18,75		
Coeficiente de variação = 26,97%				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a porcentagem de estacas brotadas (Tabela 1.16), o melhor resultado foi verificado naquelas sem folhas (68,5%), diferindo estatisticamente das com folhas (23,50%).

Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 72,50% de estacas brotadas.

Tabela 1.16 - Porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas na primavera/2011.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de estacas brotadas			
0	25,00	68,75	46,87 a
500	35,00	66,25	50,62 a
1000	23,75	63,75	43,75 a
1500	11,25	71,25	41,25 a
2000	22,50	72,50	47,50 a
Médias	23,50 B	68,50 A	
Coeficiente de variação = 33,82%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os elevados percentuais de formação de brotos na primavera podem estar relacionados aos elevados índices de sobrevivência desta espécie em casa de vegetação, principalmente para estacas confeccionadas sem folhas, podendo-se recomendar um maior período de permanência das estacas em casa de vegetação, para verificar o efeito destes sobre as estacas.

#### **3.3.1.4 VERÃO/2012**

A análise de variância para os dados coletados no verão/2011 revelou que a interação entre os fatores tipos de estacas e concentrações de IBA foi significativa somente para as variáveis porcentagem de enraizamento e porcentagem de estacas brotadas, indicando que os fatores não são independentes. Para as demais variáveis analisadas, os resultados indicaram que a interação entre os fatores foi não significativa, atestando que os fatores são independentes. O fator tipos de estacas foi significativo para as variáveis porcentagem de enraizamento, comprimento médio das três maiores raízes/estaca e porcentagem de estacas brotadas e que o fator concentração de IBA não foi significativo para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 1.17).

Tabela 1.17 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) no verão/2012.

Quadrado médio								
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	B (%)
Tipos de Estacas	1	81,22**	6,87 <sup>ns</sup>	40,87**	225,62 <sup>ns</sup>	390,62 <sup>ns</sup>	202,50 <sup>ns</sup>	5405,62**
Concentrações IBA	4	2,41 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	4,90 <sup>ns</sup>	29,69 <sup>ns</sup>	80,31 <sup>ns</sup>	124,37 <sup>ns</sup>	229,06 <sup>ns</sup>
Tipos de Estacas x Concentrações IBA	4	25,79**	2,04 <sup>ns</sup>	11,22 <sup>ns</sup>	105,31 <sup>ns</sup>	51,56 <sup>ns</sup>	21,25 <sup>ns</sup>	10,31*
Erro	30	5,62	2,29	4,91	171,46	140,21	130,42	127,71
Total	39							
Coeficiente de variação (%)		71,33	161,66	115,82	53,72	47,13	24,17	36,60
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		12,12 <sup>ns</sup>	14,35 <sup>ns</sup>	9,53 <sup>ns</sup>	7,30 <sup>ns</sup>	14,36 <sup>ns</sup>	12,33 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; M: Mortalidade; S: Sobrevivência; B: Estacas brotadas;



Para a porcentagem de enraizamento de estacas no verão (Tabela 1.18), estacas sem folhas apresentaram-se estatisticamente superiores às aquelas com folhas somente nas concentrações de 1000 e 0 mg L<sup>-1</sup>, apresentando 6,25% de estacas enraizadas em ambas as concentrações. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, para estacas com folhas, o melhor resultado foi verificado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup>, com 5,25% de estacas enraizadas, diferindo apenas da testemunha (0 mg L<sup>-1</sup>) que apresentou-se nula. Para estacas sem folhas, não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre as concentrações de IBA, sendo o maior resultado encontrado na concentração de 0 e 1000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, ambas com 6,25% de estacas enraizadas.

Tabela 1.18 - Porcentagem de enraizamento em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

[IBA] mg L <sup>-1</sup>	[TIPOS DE ESTACAS]				Médias
	Com folhas		Sem folhas		
Porcentagem de Enraizamento					
0	0,00	b B	6,25	a A	3,12
500	5,25	a A	2,50	a A	3,87
1000	0,50	a b B	6,25	a A	3,37
1500	2,50	a b A	5,00	a A	3,75
2000	1,25	a b A	3,75	a A	2,50
Médias	1,90		4,75		
Coeficiente de variação = 71,33%					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os baixos índices verificados para enraizamento em estacas provenientes de brotações do ano no verão podem ser explicados pela maturidade apresentada pelas plantas matrizes utilizadas na coleta do material vegetal, as quais eram árvores adultas, com aproximadamente 20 anos de idade. Este fato pode ter refletido na diminuição da capacidade de formação de raízes adventícias com o aumento da idade, pois ramos maduros tendem a ter menores concentrações de auxinas, em comparação a ramos mais jovens (HARTMANN *et al.*, 2011; XAVIER, 2002).

Assim como nas estações do outono e primavera, pode-se observar no verão o efeito da queda das mesmas ao longo do experimento, com sua queda total cerca de 30 dias após

instalação. Foram verificados também, efeitos relativos a grande área foliar das estacas, que mesmo com a diminuição e padronização em 10 cm de diâmetro (78,5 cm<sup>2</sup> de área foliar) apresentaram um efeito guarda-chuva evidente.

Há ainda, as elevadas temperaturas verificadas no verão (Figura 1.2), que podem gerar, de certa forma, efeitos negativos ao processo de rizogênese e sobrevivência das estacas, principalmente pela perda de água por transpiração. Muitas vezes, o excesso de transpiração pelas estacas pode culminar na necrose dos tecidos vegetais (MORI DA CUNHA *et al.*, 2009). Sendo este efeito verificado em estacas com folhas, onde, pode-se observar a queda precoce das mesmas culminando na morte das estacas.

Além disso, o transporte e preparo do material, apesar dos cuidados tomados, pode ter ocasionado certo estresse fisiológico, podendo este ser responsável, em parte, pelos baixos índices de enraizamento, principalmente das estacas confeccionadas com folhas. Este estresse pode estar associado à oxidação da base das estacas, exercendo influência direta sobre o material vegetal que em geral, pela ação de monofenóis e m-difenóis tende a estimular a oxidação do IAA (ácido indol acético), enquanto o-difenóis, p-difenóis e polifenóis inibem essa reação (LEE *et al.*, 1982). A oxidação é influenciada principalmente por compostos fenólicos muitas vezes prejudiciais ao processo de enraizamento, porém essenciais às funções fisiológicas das plantas, visto o importante papel de regular a oxidação do IAA, principal auxina encontrada naturalmente nas plantas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Vale ressaltar ainda que o processo de indução de raízes adventícias não depende apenas da presença de auxinas, mas existe a necessidade de um equilíbrio com outras substâncias, denominadas co-fatores de enraizamento, que podem favorecer ou mesmo prejudicar o enraizamento (HARTMANN *et al.*, 2011).

Para o número de raízes/estaca não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados nessa estação. Também não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 1000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 1,87 raízes/estaca (Tabela 1.19).

Tabela 1.19 - Número de raízes/estaca em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
	Número de raízes/estaca		
0	0,00	1,62	0,81 a
500	1,44	0,75	1,09 a
1000	0,00	1,87	0,94 a
1500	0,75	1,46	1,10 a
2000	0,42	1,04	0,72 a
Médias	0,52 A	1,35 A	
Coeficiente de variação = 161,66%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao comprimento médio das três maiores raízes, o melhor resultado foi verificado em estacas sem folhas, com 2,92 cm/estaca, diferindo estatisticamente de estacas com folhas, com 0,90 cm de raízes/estaca. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 5,27 cm de raízes/estaca (Tabela 1.20).

Trabalhando com goiabeira, Costa & Costa (2003), também verificaram não haver diferenças significativas entre duas cultivares com relação ao efeito do IBA sobre o comprimento das três maiores raízes/estacas desta espécie. Resultados semelhantes foram verificados por Ferriani *et al.* (2008), trabalhando com estacas de vassourão-branco e Lima *et al.* (2008), com estacas caulinares de espinheira santa.

De acordo com Antunes *et al.* (1996), o comprimento das raízes, juntamente com outros fatores, reflete diretamente na qualidade das mudas produzidas. Ou seja, uma resposta satisfatória para esta variável indica uma melhor qualidade das mudas, tendo em vista que um melhor desenvolvimento do sistema radicial amplia as condições de sobrevivência a campo (REIS *et al.*, 2000).

Tabela 1.20 - Comprimento médio das três maiores raízes/estaca de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

10/06/2012			
[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Comprimento médio de raízes/estaca			
0	0,00	3,10	1,55 a
500	2,37	0,74	1,56 a
1000	0,00	3,70	1,85 a
1500	0,86	1,80	1,33 a
2000	1,27	5,27	3,27 a
Médias	0,90 B	2,92 A	
Coeficiente de variação = 115,82%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a porcentagem de estacas com calos no verão, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados. Também não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a estacas sem folhas, apresentou média de 31,25% de estacas com calo (Tabela 1.21).

Tabela 1.21- Porcentagem de estacas com calos em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

Diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.			
[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de estacas com calos			
0	27,50	15,00	21,25 a
500	31,25	21,25	26,25 a
1000	27,50	23,75	25,62 a
1500	21,25	27,50	24,37 a
2000	26,25	22,50	24,37 a
Médias	26,75 A	22,00 A	
Coeficiente de variação = 53,72%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a porcentagem de sobrevivência no verão, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados e entre as diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a ausência de folhas, apresentou média de 36,25% de estacas com calo (Tabela 1.22).

Tabela 1.22 - Porcentagem sobrevivência de estacas em *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de sobrevivência de estacas			
0	23,75	31,25	27,50 a
500	22,50	36,25	29,37 a
1000	21,25	25,00	23,12 a
1500	23,75	23,75	23,75 a
2000	18,75	25,00	21,87 a
Médias	22,00 A	28,25 A	
Coeficiente de variação = 47,13%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à porcentagem de mortalidade de estacas, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados. Também não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, associado a estacas sem folhas, apresentou média de 53,75% de estacas mortas (Tabela 1.23).

Esta alta mortalidade apresentada no verão pode estar relacionada às condições ambientais e climáticas próprias da estação, onde mesmo no interior da casa de vegetação, apesar do controle de temperatura e umidade, pode haver desidratação das estacas, gerando estresse fisiológico nas mesmas.

Outro fator que pode estar atrelado à alta mortalidade encontrada em estacas confeccionadas com folhas, diz respeito ao efeito guarda-chuva, onde a presença de folhas, por impedir que a água chegue ao substrato, pode ter gerado um estresse hídrico nas estacas levando à mortalidade precoce das mesmas, principalmente durante os primeiros 5 (cinco) dias de instalação, a partir do qual iniciou-se a queda das folhas.

Tabela 1.23 - Porcentagem de mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]		
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas	Sem folhas	Médias
Porcentagem de Mortalidade de estacas			
0	48,75	47,50	48,12 a
500	41,25	40,00	40,62 a
1000	51,25	45,00	48,12 a
1500	52,50	43,75	48,12 a
2000	53,75	48,75	51,25 a
Médias	49,50 A	45,00 A	
Coeficiente de variação = 24,17%			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A precoce abscisão foliar verificada na primeira semana de instalação do experimento pode também ter levado à alta mortalidade de estacas de quiri, uma vez que a queda precoce das folhas impossibilita que os carboidratos necessários ao processo de rizogênese sejam translocados das folhas para as estacas em tempo hábil para que possam ser utilizados no processo de emissão de raízes adventícias. Resultados semelhantes foram verificados por Lima *et al.* (2006), trabalhando com estacas semilenhosas de duas espécies de calliandra (*Calliandra selloi* e *C. tweediei*) onde verificaram que os altos índices de mortalidade da espécie estavam atrelados ao desligamento precoce das folhas mantidas nas estacas logo no início do experimento.

Com relação a porcentagem de estacas brotadas no verão, estacas sem folhas apresentaram médias estatisticamente superiores àquelas com folhas. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas para estacas com folhas não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes, sendo o maior resultado encontrado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 27,5% de estacas brotadas. Na comparação das médias para estacas sem folhas também não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre as concentrações de IBA estudadas, contudo, o maior resultado foi encontrado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 47,5% de estacas brotadas (Tabela 1.24).

Tabela 1.24 - Porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com presença e ausência de folhas e submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico, coletadas no verão/2012.

[IBA]	[TIPOS DE ESTACAS]				
mg L <sup>-1</sup>	Com folhas		Sem folhas		Médias
Porcentagem de estacas brotadas					
0	17,50	a B	43,75	a A	30,62
500	27,50	a B	47,50	a A	37,50
1000	17,50	a B	41,25	a A	29,37
1500	11,25	a B	35,00	a A	23,12
2000	22,50	a B	45,00	a A	33,75
Médias	19,25		42,50		
Coeficiente de variação = 36,60%					

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se, portanto, que mesmo não satisfatórios, os resultados encontrados podem ser considerados interessantes do ponto de vista de resgate destas plantas matrizes, uma vez que, em se tratando de propagação massal de espécies florestais para fins de silvicultura clonal, a técnica efetivamente utilizada e recomendada seria a miniestaquia, que apresenta por sua vez vantagens para este fim. Atualmente, a miniestaquia se apresenta como a melhor opção para clonagem massal de *Eucalyptus* (ALMEIDA *et al.*, 2007) e, para ser viável em *P. fortunei*, ainda são necessários estudos com o intuito de proporcionar aumento no percentual de enraizamento e, sobretudo, desenvolver uma metodologia que facilite a propagação de quiri.

### 3.3.2 ANÁLISES ANATÔMICAS

Analizando as secções da base de estacas lenhosas provenientes de brotações do ano de *P. fortunei* var. *mikado* coletadas nas estações do outono/2011 (Figura 1.6 - A), primavera/2011 (Figura 1.6 - B) e verão/2012 (Figura 1.6 - C), verificou-se a existência de diferenças anatômicas entre as três épocas de coleta.

O caule encontrava-se em crescimento secundário, com felogênio instalado na camada subepidérmica, a periderme apresentava externamente o súber, formado por células regulares, em geral de formato quadrangular, com organização de disposição homogêneas, formado por aproximadamente 21 camadas de células. Verificou-se que a camada de súber encontrava-se mais desenvolvida em estacas coletadas nas estações de outono e verão e ausente nas estacas coletadas na primavera.

O córtex é composto externamente por 6-8 camadas de colênquima e internamente por cerca de 10-12 camadas de parênquima. Ainda na região cortical são identificados feixes de fibras, dispostos em um anel descontínuo (Figura 1.6 – A e C). Estas fibras possuíam maior espessamento de paredes em estacas coletadas nas estações do outono e verão, em comparação à primavera.

O floema secundário é contínuo, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima axial e radial. A faixa cambial é formada por várias camadas de células indiferenciadas, sendo possível verificar uma maior atividade celular no verão e primavera em relação ao outono. No xilema secundário pode-se verificar a existência de raios parenquimáticos, com 2, 3 ou 4 fileiras de células, apresentando vasos em sua maioria isolados, com parênquima paratraqueal e fibras, sendo menos desenvolvido em estacas coletadas na estação da primavera, em comparação às demais estações. (Figura 1.6 - C).

A medula é composta por parênquima, o qual sofre lise com o passar do tempo, formando uma fistula ou lacuna (Figura 1.6 – B e C). Não foram evidenciadas a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta. Não foi evidenciada a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta.



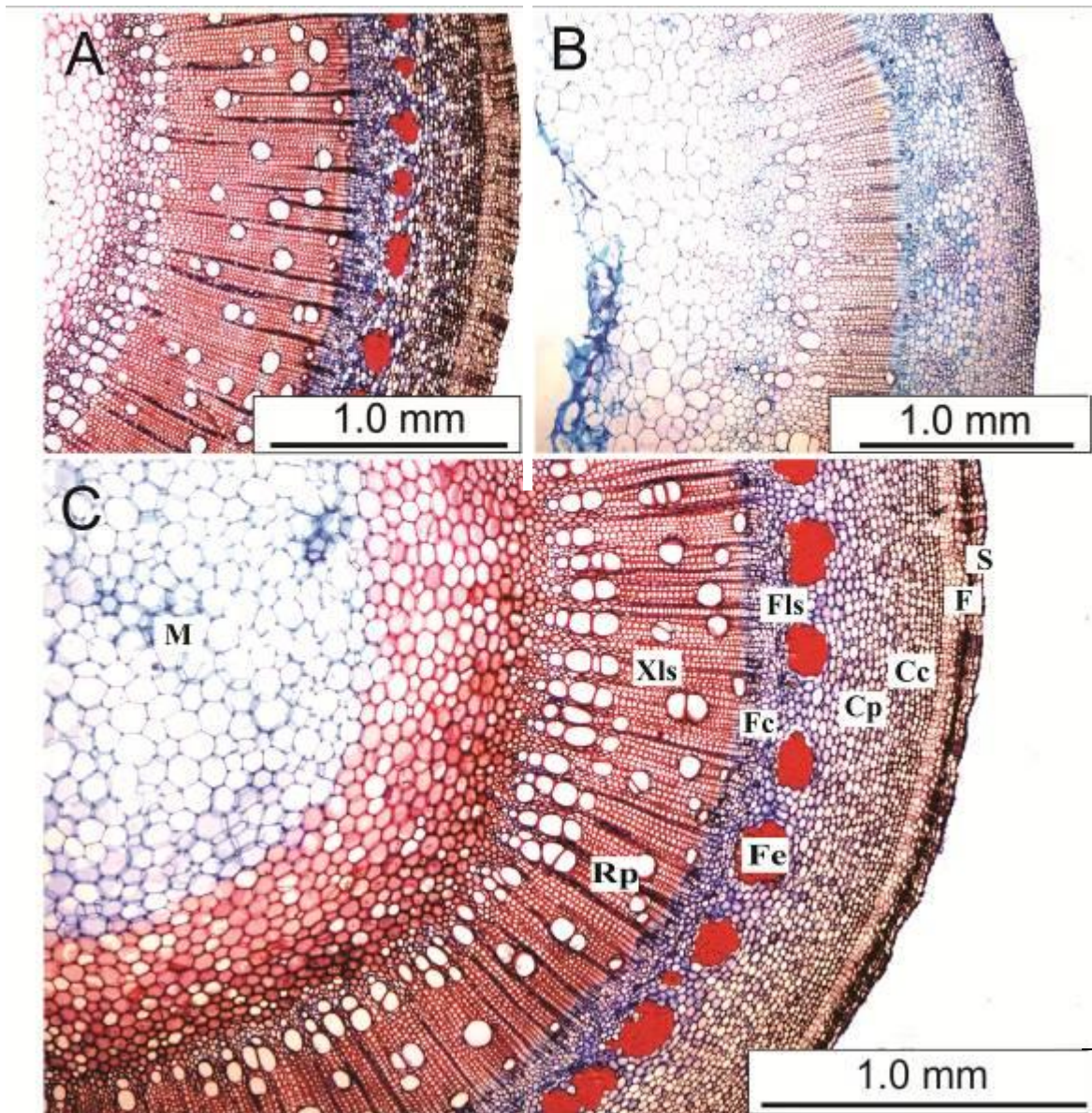


Figura 1.6 - Secções transversais de estacas caulinares lenhosas, provenientes de brotações do ano de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. **A.** Vista geral do corte na estação do outono; **B.** Vista geral do corte na estação da primavera; **C.** Vista geral do corte na estação do verão: Súber (S), felogênio (F), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), feixes de esclerênquima (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), xilema secundário (Xls) e medula (M).

### 3.4. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

- ✓ Devido ao baixo percentual de enraizamento de estacas lenhosas de *P. fortunei* var. *mikado* esta técnica não é recomendada para esta espécie.
- ✓ Dentre as três estações estudadas, o outono, com estacas sem folhas, apresenta a maior porcentagem de enraizamento em estacas oriundas de brotações do ano de *Paulownia fortunei* var. *mikado*;
- ✓ Não se verificou efeito positivo das concentrações de ácido indol butírico (IBA) para a indução de raízes nesta espécie, tanto para estacas com folhas como sem folhas, em nenhuma das estações do ano estudadas;
- ✓ Não foram observadas barreiras anatômicas ao enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de quiri em nenhuma das estações estudadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* f. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ANDERSEN, A.S. **Enviromental influences on adventitious rooting in cuttings of now woody species**. In: JACKSON, M.B. New root formation in plants and cuttings. London: M. Nijhoff, p. 223-254, 1986.

ANTUNES, J. A. S. *et al.* Efeito do método de aplicação e de concentrações do ácido indol butírico no enraizamento de estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 3, p. 371-376, 1996.

ARAÚJO, P. S. R. *et al.* Enraizamento de estacas de limeira ácida coletadas em diferentes posições na árvore. **Scientia Agrícola**, Curitiba, v. 56, p. 357-361, 1999.

BARROSO, D. G. *et al.* Regeneração de raízes de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Scientia Agrícola**, Curitiba, v.57, n.2, p.229-237, 2000.

BASTOS, D. C. **Efeito da época de coleta, estágio do ramo e do tratamento com IBA no enraizamento de estacas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. 2002. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira/ estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

BERGMANN, B. A.; MOON, H. K. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. **Plant Cell Reports**. v. 16, p. 315-319, 1997.

BLAKESLEY, D.; WESTON, G. D.; HALL, J. F. The role of endogenous auxin em root initiation. **Plant Growth Regulation**, v. 10, p. 341-353, 1991.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suec., Royal *paulownia*. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, p. 572-573, 1974.

BONNER, F. T. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud., Royal *paulownia*. In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Coords). **Silvics of North America**. v. 2, Hardwoods. Agric. Handbk. 654. Washington, DC: USDA Forest Service, 1990. p. 501-502.

BRONDANI, G. E. *et al.* Composições de substratos e ambientes de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 41-49, jan./mar. 2009.

CARVALHO, C. M.; CUNHA, R. J. P.; RODRIGUES, J. D. **Ação do ácido indolbutírico na promoção do sistema radicular em estacas de lichieira (*Litchi chinensis* Sonn)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998. Poços de Caldas, MG. Anais... Poços de Caldas: SBF, 1998. p. 447.

COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N. **Tecnologias para produção de goiaba**. Vitória: Incaper, 2003. 341p.

FACHINELLO, J.C., HOFFMAN, A., NACHTIGAL, J.C., *et al.* **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1994. 179 p.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 22p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc94.pdf>>. Acesso em: 27/02/2012.

FERRIANI, A. P., *et al.* Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.159-166, 2008.

GONZÁLEZ, M.G.N.; SCHIMIDT, C. AP. Estudo do efeito de duas concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e ácido naftaleno acético (ANA) no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.3, p.229-232, 1992.

HAISSIG, B. E.; RIEMENSCHNEIDER, E. D. **Genetic effects on adventitious rooting**. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKLHA, N. (Ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland: Discorides Press, p.47-60, 1988.

HARTMANN, H. T.; *et al.* **Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HEBERLE, M.; *et al.* Regeneração de louro-pardo por estaquia radicular. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SEPE. UNIFRA, 2010. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SEPE/UNIFRA, 2010.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KUMAR, M. B.; BARKER, R. E.; REED, B. M.: Morphological and molecular analysis of genetic stability in micropropagated *Fragaria* x *Ananassa* cv. Pocahontas. **In Vitro Cellular & Developmental Biology: Plant**, v. 35 p. 254-258, 1999.

LEE, T. T.; STARRATT, A. N.; JEVNIKAR, J. J. Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid by phenols: structure-activity relationships. **Phytochemistry**, v.21, n.3, p.517-523, 1982.

LIMA, J. D. *et al.* Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

LIMA, D. M. *et al.* Substratos e auxinas no enraizamento de estacas caulinares de espinheira-santa. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.85-89, 2008.

LIMA, J. D. *et al.* Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indol butírico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 230-235, 2011.

LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil: Madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

MAFIA, R. G. *et al.* Critério técnico para a determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.947-953, 2005.

MORI DA CUNHA, A. C. M. C. *et al.* Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p.195-203, 2009.

NACHTIGAL, J.C. *et al.* Propagação vegetativa do umezeiro (*Prunus mume*) por meio de estacas herbáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.226-8, 1999.

NACHTIGAL, J. C.; PEREIRA, F. M. Propagação do pessegueiro (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) cv. Okinawa por meio de estacas herbáceas em câmara de nebulização em Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 208-212, 2000.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

REIS, J. M. R.; CHALFUN, N. N. J.; LIMA, L. C. O.; LIMA, L. C. Efeito do estiolamento e do ácido indol butírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência Agrotécologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p.931-938, 2000.

RICKLI, H. C. **Propagação de guaricica (*Vochysia bifalcata* Warm.) por sementes e estaquia caular**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

ROSSAL, P.A.L. **Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cv. Valência sob condições de nebulização**. 1994. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TOFANELLI, M. B. D. *et al.* Capacidade de enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 840-847, 2001.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: UFV, 2002. 64 p.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA M. L. Enraizamento de miniestaca caular e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. **Paulownia in china: Cultivation and utilization**. Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17/03/2012.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39 p.

#### 4. CAPÍTULO II: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) PROVENIENTES DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA DE ÁRVORES ADULTAS UTILIZANDO ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

##### RESUMO

*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. Bar. *mikado* (Scrophulariaceae), é natural da China, e destaca-se pelo crescimento acelerado e baixa densidade, associados a uma resistência natural ao ataque de agentes xilófagos. Sustentado pelo baixo poder germinativo das sementes da espécie, este trabalho teve por objetivo avaliar o enraizamento de estacas provenientes de brotações de árvores adultas de aproximadamente 20 anos de idade decepadas, a altura de 2 metros, nas estações de outono/2011, primavera/2011 e verão/2012. Foram confeccionadas estacas semilenhosas com cerca de 10 a 12 cm, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior das estacas. Tratou-se a base das estacas com ácido indol butírico (IBA) nas concentrações 0, 500, 1000, 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado em tubetes de 170 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita fina e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v) acondicionados em casa de vegetação climatizada. Após 60 dias foram avaliados a porcentagem de estacas enraizadas, número e comprimento de raízes/estaca, porcentagem de estacas com calos, sobrevivência e mortalidade. No verão foram encontrados os melhores resultados para enraizamento (47,5%), comprimento médio das três maiores raízes/estacas (5,65 cm) e porcentagem de estacas com calos (51,25%). Entretanto, na primavera foram encontrados os maiores índices para número de raízes/estaca (10,02 raízes/estaca) e sobrevivência (25,0%). Faz-se necessário o uso de ácido indol butírico para o enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de árvores decepadas de qui, sendo recomendada a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>. Não foi observada influência das diferenças anatômicas sobre a emissão de novas raízes.

**Palavras-chave:** estaquia, enraizamento, semilenhosas, auxina.



## ROOTING OF QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. Bar. *mikado*) FROM EPICORMIC SHOOTS FROM SEVERED ADULT TREES USING INDOLEBUTYRIC ACID (IBA) IN DIFFERENT SEASONS

### ABSTRACT

*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var *mikado* (Scrophulariaceae), is native from China, and it is characterized by its rapid growth and low density, associated with a natural resistance to attack by wood decay agents. Bolstered by the low seeds germination of the species, this study aims to evaluate the rooting from sprout's cuttings of adult trees of about 20 years old, of 2 meters high, during autumn and spring of 2011 and summer of 2012. Softwood cuttings with approximately 10 to 12 cm had been prepared, keeping two sheets reduced to an area of approximately 78.5 cm<sup>2</sup> (10 cm diameter) on the upper third of the cuttings. The cutting base had been treated with indolebutyric acid (IBA) at concentrations of 0, 500, 1000, 1500 and 2000 mg L<sup>-1</sup>. Trees were planted in tubes 170 cm<sup>3</sup> tubes, filled with fine vermiculite and rice hulls (1:1 v/v) conditioned in a heated greenhouse. After 60 days, the rooting percentage, number and length of roots/cutting, the percentage of cuttings with callus, survival and mortality had been evaluated. Summer had presented the best result for rooting (47.5%), average length of the three largest roots/cutting (5.65 cm) and the percentage of cuttings with callus (51.25%). However, the highest rates had been found in the spring, with number of roots/cutting (10.02 roots/cutting) and survival (25.0%). It is necessary the use of indolebutyric acid for rooting cuttings from epicormic shoots of severed trees from quiri, and it is also recommended a concentration of 2000 mg L<sup>-1</sup>. There has been no influence of anatomical differences over the issuance of new roots.

**Key words:** cutting, rooting, Softwood, auxin.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A silvicultura clonal se apresenta como base de sustentação da indústria florestal no Brasil, sendo o sucesso final do projeto florestal, com a finalidade de produção madeireira ou não madeireira, dependente diretamente da qualidade na produção de mudas de determinada espécie. As principais vantagens em se utilizar a propagação clonal em espécies florestais são a possibilidade de fixação de genótipos selecionados, alcance de populações uniformes, antecipação do período de florescimento, combinação de mais de um genótipo numa planta matriz e maior controle nas fases de desenvolvimento (HARTMANN *et al.*, 2011).

A propagação vegetativa pode proporcionar a produção de uma grande quantidade de mudas de boa qualidade em um curto espaço de tempo; no entanto, vai depender diretamente da capacidade de enraizamento de cada espécie, bem como da qualidade do sistema radicial formado. O processo de enraizamento adventício é naturalmente regulado pela interação de múltiplos fatores como hormônios vegetais, carboidratos, compostos fenólicos, estado fisiológico da planta matriz, características genéticas, compostos nitrogenados e aminoácidos (HARTMANN *et al.*, 2011). Além destes, diversas espécies apresentam um conjunto de barreiras anatômicas específicas, tais como fibras e esclereídeos no floema primário do caule, formando uma espécie de anel contínuo que impede o sistema radicial de ultrapassá-lo. Já em caules mais velhos, este impedimento pode se efetivar pela presença de uma bainha de esclerênquima perivascular (LOVELL; WHITE, 1986).

Neste contexto, técnicas como o abate de árvores adultas ou podas sucessivas a fim de induzir o crescimento de brotações epicórmicas buscam aumentar a produção de propágulos e manter a juvenilidade do material vegetal (HACKETT, 1987). Tais técnicas tem sido eficientes na produção de estacas com maior potencial de enraizamento em diversas espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil (WENDLING; XAVIER, 2001).

Na prática, o rejuvenescimento, ou reversão à juvenilidade de matrizes adultas é normalmente conseguido a partir de brotações epicórmicas oriundas de decepadas, após o corte raso da árvore superior selecionada (ALFENAS *et al.*, 2004). Entretanto, existem varias técnicas capazes de exercer este efeito sobre as plantas (HARTMANN *et al.*, 2011), e esta busca pela manutenção de populações juvenis ou em estado de transição passou a revolucionar a silvicultura clonal nas ultimas décadas (WENDLING; XAVIER, 2001).

Os reguladores vegetais são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam qualitativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas. São comumente utilizados para induzir o enraizamento, principalmente em espécies que apresentam difícil enraizamento (PASQUAL *et al.*, 2001). A concentração destes reguladores vegetais aplicados é um fator preponderante a ser considerado, uma vez que podem fazer com que atuem de forma sincronizada promovendo o enraizamento, ou inibindo-o, principalmente se este estiver acima das concentrações ideais (BATISH *et al.*, 2008).

O enraizamento pode ainda ser influenciado pelas diferentes estações do ano em que é coletado o material vegetal, refletindo positivamente nos índices de enraizamento das estacas. No entanto, existe certa contradição quanto à melhor estação do ano para a coleta do material vegetativo onde, para espécies de fácil enraizamento, independe a estação do ano, enquanto para outras espécies, o período de maior enraizamento coincide com a estação de repouso ou com a estação de crescimento (PAIVA; GOMES, 1993; WENDLING *et al.*, 2002).

Pertencente à família Scrophulariaceae, *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* e seus híbridos naturais ocorrem em zonas subtropicais e tropicais da China, Formosa, Vietnã e Laos, onde a temperatura máxima atinge 40 °C e a mínima em torno de 10 °C (BORTHWICK *et al.*, 1964; BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Apresenta folhas caducas e um fuste cilíndrico, reto e longo, com casca rugosa e pouco espessa, folhas simples, cartáceas e pecíolo longo (LORENZI *et al.*, 2003).

Muito apreciado pelas características apresentadas por sua madeira, o quiri, como é comumente conhecido, destaca-se pelo crescimento acelerado, uma madeira de baixa densidade, associado a uma resistência natural ao ataque de insetos xilófagos e ao apodrecimento (PRESTON, 1983). Sendo, desta forma, recomendado para diversos fins, tais como, fabricação de instrumentos musicais, laminados, compensados, molduras e especialmente moveis (EMBRAPA FLORESTAS, 2004).

A escassez de estudos a cerca da propagação vegetativa associada ao rejuvenescimento desta espécie, além de deficiências inerentes a propagação sexuada como a grande variação fenotípica resultante da mesma, geram a necessidade de estudos mais detalhados no que diz respeito a outras vias para a propagação do quiri, tornando a propagação vegetativa interessante para a obtenção de uma grande quantidade de mudas em curto espaço de tempo (BERGMANN, 1997).

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o enraizamento de estacas caulinares de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, provenientes de brotações epicórmicas de plantas matrizes decepadas, coletadas nas estações de outono e primavera/2011 e verão/2012, com a aplicação de ácido indol butírico em diferentes concentrações, bem como verificar por meio de análises anatômicas e histoquímicas, a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de raízes adventícias.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 ESTAQUIA

Para a realização dos experimentos foram utilizadas brotações provenientes da decepa de 10 árvores matrizes de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, a uma altura de dois metros, localizadas no município de Aurora - SC, sob as coordenadas 27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W, a uma altitude aproximada de 700 m, estando aproximadamente 8 Km do município de Ituporanga - SC. Segundo o Sistema Internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média do mês mais quente acima de 22 °C, apresentando verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Uma amostra da espécie foi devidamente preservada e depositada no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná sob o número de registro UPCB 73379.

A decepa das plantas matrizes de aproximadamente 20 anos de idade e diâmetro à altura do peito (dap) de 60 - 80 cm foi realizada a aproximadamente 2,00 m do solo (Figura 2.1 - A), com o objetivo de intensificar as brotações epicórmicas ao longo do tronco das mesmas. A decepa procedeu-se em janeiro/2011 e as coletas foram realizadas no outono/2011, primavera/2011 e verão/2012.

Após a coleta a campo, os ramos foram umedecidos, acondicionados em sacos plásticos e transportados para ambiente coberto, a partir dos quais foram confeccionadas estacas caulinares semilenhosas com cerca de 10 a 12 cm de comprimento, com corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície aproximada 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior da estaca (Figura 2.1 - C).

Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em balde com água a fim de evitar desidratação do material. Depois de confeccionadas, as estacas foram envoltas em papel umedecido e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sendo transportadas para as dependências da Embrapa Florestas, em Colombo-PR.

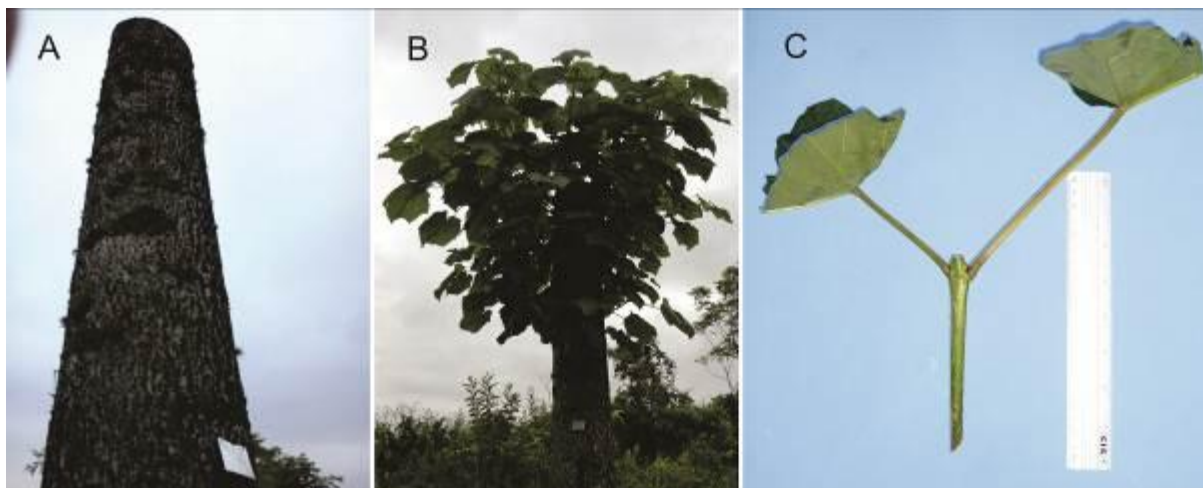


Figura 2.1 - Decepa de plantas matrizes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*: **A.** A altura de 2,0 m do solo; **B.** Brotações epicórmicas oriundas de decepa, 3 meses após a decepa; **C.** Aspecto geral das estacas semilenhosas.

No Laboratório de Propagação da Embrapa Florestas, as estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), sendo posteriormente lavadas em água corrente por 10 minutos. Em seguida, as bases das estacas foram tratadas com Benlate<sup>®</sup> 0,1% por 10 minutos (ação fungicida). Na sequência, procedeu-se o tratamento das bases das estacas com o regulador vegetal ácido indol butírico (IBA) conforme os seguintes tratamentos (T):

- T1: 0 mg L<sup>-1</sup> IBA (testemunha);
- T2: 500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T3: 1000 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T4: 1500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T5: 2000 mg L<sup>-1</sup> IBA;

Para os tratamentos com as diferentes concentrações de IBA, as bases das estacas foram imersas em solução hidroalcóolica (50% v/v) de ácido indol butírico por 10 segundos. As estacas do tratamento T1 (0 mg L<sup>-1</sup> IBA) foram imersas em solução de água destilada e álcool (50% v/v), sem adição de regular vegetal. O ácido indol butírico P.A. utilizado foi do Laboratório Merck.

O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 3 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24 °C ± 2 °C e umidade relativa do ar superior a 80%), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo - PR.

As médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação no decorrer do experimento estão apresentadas na Figura 2.2.

Transcorridos 60 dias da instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes de, pelo menos, 2 mm de comprimento);
- Número de raízes/estaca;
- Comprimento das três maiores raízes/estaca (cm);
- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados);
- Porcentagem de estacas brotadas (estacas vivas, com ou sem formação de raízes e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);

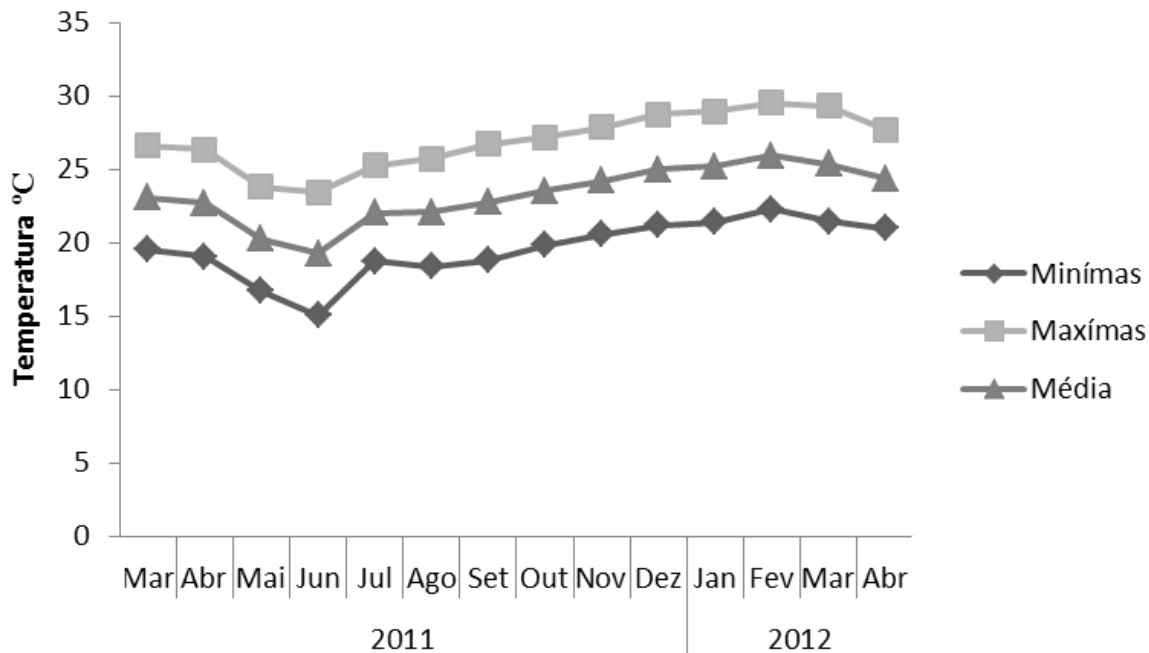


Figura 2.2 - Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas, entre os meses de março/2011 a abril/2012.

Os experimentos foram implantados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x5 (3 estações do ano x 5 concentrações de IBA), com

quatro repetições contendo 20 estacas por unidade experimental, totalizando 400 estacas por estação do ano e 1200 estacas ao final do experimento.

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

#### **4.2.2 ANÁLISES ANATÔMICAS**

Nas estações do outono e primavera/2011, e verão/2012, antes da instalação dos experimentos de estaquia, foram coletadas amostras de cerca de 3 cm da base das estacas, as quais foram fixadas em FAA70 por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em álcool 70% até o início das atividades de confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e infiltrados em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) com espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido, cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos, e sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi permanentes com a utilização de gelatina-glicerina, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas através de fotomicrografias em fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Ficologia - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.



### **4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância revelou que a interação entre os fatores estação do ano e concentrações de IBA foi significativa somente para a variável porcentagem de estacas brotadas, indicando que os fatores não são independentes. Para as demais variáveis analisadas, os resultados indicaram que a interação entre os fatores foi não significativa, atestando que os fatores são independentes, sendo que o fator estação do ano foi significativo para todas as variáveis e que o fator concentração de IBA foi significativo somente para as variáveis porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca e porcentagem de estacas com calos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento de estacas, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, porcentagem de estacas com calos, sobrevivência, mortalidade e porcentagem de estacas brotadas provenientes de brotações epicórmicas de decepa de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA), nas estações de outono e primavera/2011 e verão/2012.

		Quadrado médio						
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	B (%)
Estações do ano	2	740,00**	108,14**	20,80**	3035,00**	455,00**	3515,00**	3851,25**
Concentrações IBA	4	1155,83**	32,52**	1,11 <sup>ns</sup>	530,21*	61,46 <sup>ns</sup>	138,12 <sup>ns</sup>	102,71 <sup>ns</sup>
Estações do ano x Concentrações IBA	8	76,45 <sup>ns</sup>	7,62 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	76,15 <sup>ns</sup>	89,90 <sup>ns</sup>	108,75 <sup>ns</sup>	234,58*
Erro	45	52,77	7,73	2,86	191,81	51,67	74,86	80,69
Total	59							
Coeficiente de variação (%)		27,94	58,86	46,36	29,91	71,88	26,42	21,26
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		12.48 <sup>ns</sup>	30.54**	23.91*	10.97 <sup>ns</sup>	15.16 <sup>ns</sup>	10.38 <sup>ns</sup>	8.51 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; S: Sobrevivência; M: Mortalidade; B: Estacas brotadas;

Os melhores resultados para enraizamento de estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foram observados no verão (30%) e na primavera (29%), diferindo estatisticamente do outono. Na comparação das médias das concentrações de IBA, as concentrações de 2000 mg L<sup>-1</sup>, com 36,25% de estacas enraizadas e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 34,58% de estacas enraizadas não diferiram entre si e foram superiores as demais concentrações estudadas (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Porcentagem de enraizamento de estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]			Médias	
mg L <sup>-1</sup>	Outono	Primavera	Verão		
Porcentagem de enraizamento					
0	8,75	16,25	17,50	14,17	c
500	10,00	20,00	23,75	17,92	c
1000	20,00	33,75	27,50	27,08	b
1500	31,25	38,75	33,75	34,58	a b
2000	25,00	36,25	47,50	36,25	a
Médias	19,00 B	29,00 A	30,00 A		

**Coefficiente de variação = 27,94%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados mostram melhores índices de enraizamento deste material nos meses em que se verificou a campo um melhor desenvolvimento vegetativo das brotações epicórmicas, apresentando um maior diâmetro e menor lignificação, tornando as estações de verão e primavera em comparação ao outono, favoráveis ao processo de enraizamento.

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), há uma maior síntese de auxinas nos meristemas apicais, bem como em gemas e folhas jovens. Desta forma, a primavera e o verão são, teoricamente, as melhores épocas para produção deste grupo hormonal, coincidindo com os resultados observados pelo presente trabalho, onde as estacas coletadas nestas estações foram estatisticamente superiores às coletadas no outono, evidenciando que o nível endógeno de auxinas, favorável ao enraizamento de estacas de *P. fortunei*, pode estar relacionado às estações do ano.

A dinâmica de carboidratos nos ramos também pode influenciar no enraizamento de estacas de diferentes espécies florestais. Neste caso, em se tratando de brotações epicórmicas, esta diferença está diretamente relacionada ao diâmetro médio das estacas que, em função do maior vigor apresentado no verão e primavera, pode ser um fator de influência ao enraizamento adventício em estacas de quiri.

Trabalhando com estacas semilenhosas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax, Ferreira *et al.* (2001), observaram uma superioridade no enraizamento deste material na estação do verão, quando comparado às estações de dormência da espécie (outono e inverno). Os autores verificaram também uma maior quantidade de substâncias estimuladoras do enraizamento como açúcares redutores e não-redutores, bem como açúcares totais, associando os menores índices de enraizamento nas estações mais frias ao menor vigor das brotações, bem como os altos teores de substâncias inibidoras de enraizamento, comuns na fase de dormência.

Os resultados mostram o efeito positivo da aplicação de diferentes concentrações de IBA sobre o enraizamento em estacas provenientes de brotações epicórmicas de *P. fortunei*, com tendência de aumento com a elevação das concentrações. Isso revela que as concentrações de auxinas endógenas não foram suficientes para a indução do enraizamento de estacas de quiri, embora estas sejam provenientes de material rejuvenescido.

De acordo com Assis *et al.* (1992), o uso de estacas provenientes de material rejuvenescido torna desnecessário a aplicação de reguladores vegetais para o enraizamento de estacas. Fato este que não pode ser comprovado no presente experimento, uma vez que os melhores resultados encontrados foram dependentes de aplicação exógena de IBA.

De acordo com Hartmann *et al.* (2011), quando se faz a aplicação de reguladores vegetais, ocorre um aumento de sua concentração na estaca e, como reflexo, há um efeito de estímulo à indução radicial. Esse estímulo vai até um ponto máximo onde, a partir do qual se torna inibitório. No presente trabalho não foi possível verificar este limite, onde seria possível observar uma redução nos índices de enraizamento deste material, uma vez que o maior resultado foi verificado na maior concentração de IBA aplicada (Figura 2.4).

Outro fator que pode ter influenciado positivamente a indução do sistema radicial em *P. fortunei* diz respeito às maiores temperaturas apresentadas em casa de vegetação nas estações do verão e primavera em comparação ao outono (Figura 2.2). Para Corrêa e Fett-Neto (2004), a temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando, sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical.

Algumas pesquisas evidenciam que a divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, auxilia a formação de raízes e a produção de brotos (HARTMANN *et al.*, 2011).

Apesar de apresentar baixos índices de manutenção de folhas, pode-se observar que estas perduraram ligadas às estacas, durante um período que variou de 15 a 60 dias a partir da instalação, ou seja, este período pode ter sido suficiente para a translocação de hormônios normalmente produzido nas folhas para a base da estaca, o qual pode ser imprescindível no sucesso de enraizamento (XAVIER *et al.*, 2009).

Os melhores resultados para a variável número de raízes/estaca em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foram observados na primavera (7,30) e no outono (4,09), diferindo estatisticamente do verão (Tabela 2.3). Estes resultados mostram que apesar de o verão ter apresentado média de enraizamento superior às demais estações, a variável número de raízes/estaca apresentou resultados inferiores, quando comparada à primavera e outono.



Figura 2.3 - Enraizamento em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no verão/2012.

Na comparação das médias das concentrações de IBA, a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 6,59 raízes/estaca, apresentou-se numericamente superior as concentrações de 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 5,72 e 5,28 raízes/estaca, diferindo estatisticamente das concentrações de 500 e 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 3,30 e 2,72 raízes/estaca, respectivamente (Tabela 2.3). Desta forma, para a variável número de raízes/estacas de *P. fortunei*, notou-se um incremento positivo referente ao aumento nas concentrações de IBA aplicadas nas estacas, estando em acordo aos resultados encontrados para enraizamento, onde

também foi verificado um incremento positivo conforme as concentrações de IBA foram aumentadas.

Tabela 2.3 - Número de raízes/estaca de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA] mg L <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			Médias	
	Outono	Primavera	Verão		
Número de raízes/estaca					
0	3,37	3,29	1,48	2,72	b
500	3,25	4,75	1,91	3,30	b
1000	4,58	10,03	2,56	5,72	a b
1500	4,34	8,46	3,05	5,28	a b
2000	4,88	9,37	4,91	6,59	a
Médias	4,09 A	7,30 A	2,78 B		

**Coefficiente de variação = 58,86%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento médio das três maiores raízes/estaca, o melhor resultado foi verificado na estação do verão, com 4,81 cm/estaca, diferindo estatisticamente das demais estações estudadas (Tabela 2.4). Não houve diferença significativa entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, apresentou média de 4,05 cm/estaca. Estes resultados mostram concordância com os obtidos para enraizamento, onde o verão e primavera foram superiores ao outono, podendo estes, estarem atrelados principalmente ao padrão das estacas coletadas nestas estações, maiores e mais vigorosas, em comparação as coletadas no outono.

Tabela 2.4 - Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]			Médias
mg L <sup>-1</sup>	Outono	Primavera	Verão	
Comprimento médio de raízes/estaca				
0	2,17	3,34	4,20	3,24 a
500	3,14	3,84	5,16	4,05 a
1000	2,98	2,63	5,65	3,75 a
1500	3,14	3,07	4,90	3,70 a
2000	3,06	3,26	4,13	3,48 a
Médias	2,89 B	3,23 B	4,81 A	
Coeficiente de variação = 46,36%				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação das médias das concentrações de IBA para a porcentagem de estacas com calos, a concentração de 0 e 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 37,50% e 37,08%, respectivamente, apresentaram-se numericamente superiores as concentrações de 1000 mg L<sup>-1</sup> de IBA (32,08%) e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA (27,92%), diferindo estatisticamente apenas da concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 21,67% de estacas com calos (Tabela 2.5).

Estes resultados mostram que conforme aumentaram as concentrações de IBA, diminuíram os percentuais de estacas com calos (Figura 2.5), podendo estes estar atrelados ao fato de que concentrações abaixo do nível crítico tendem a não serem eficazes, levando a uma maior formação de calos e consequentemente concentrações mais próximas ao ideal tendem a ampliar a formação de raízes e diminuir esta formação de calos. No entanto, não significa que estas concentrações de IBA, se ampliadas resultem em menores índices de formação de calos e maiores índices de formação de raízes, pois concentrações supra-ótimas podem gerar impedimentos à emissão de raízes por causarem fitotoxicidade à estaca, podendo ocorrer necrose da base ou até de toda a estaca (ONO; RODRIGUES, 1996).

Tabela 2.5 - Porcentagem de calos em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]			
mg L <sup>-1</sup>	Outono	Primavera	Verão	Médias
Porcentagem de estacas com calos				
0	36,25	25,00	51,25	37,50 a
500	36,25	26,25	48,75	37,08 a
1000	36,25	13,75	46,25	32,08 a b
1500	23,75	17,50	42,50	27,92 a b
2000	16,25	16,25	32,50	21,67 b
Médias	29,75 B	19,75 C	44,25 A	

**Coefficiente de variação = 29,91%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

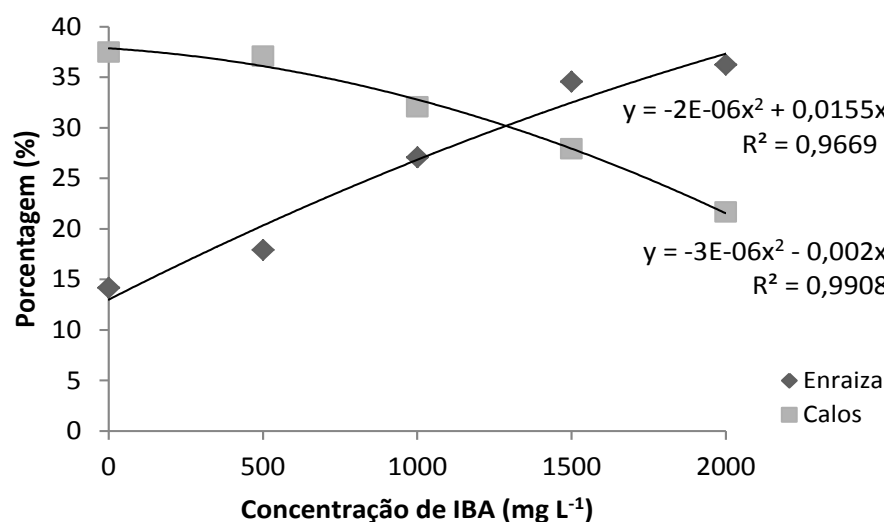


Figura 2.4 - Porcentagens de enraizamento e de formação de calos em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, com a aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico.

Para a sobrevivência, o melhor resultado foi verificado na primavera, com 15,50% de estacas vivas, diferindo estatisticamente das demais estações estudadas (Tabela 2.6). Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA, apresentou média de 12,92% de sobrevivência. Estes resultados apontam para um possível aumento nos índices de enraizamento, com o aumento do tempo de permanência das estacas em casa de vegetação.



Tabela 2.6 - Porcentagem de sobrevivência em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

Tratamentos com diferentes concentrações de ácido málico (IBA):				
[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]			
mg L <sup>-1</sup>	Outono	Primavera	Verão	Médias
Porcentagem de sobrevivência				
0	3,75	25,00	10,00	12,92 a
500	10,00	13,75	8,75	10,83 a
1000	7,50	18,75	2,50	9,58 a
1500	7,50	11,25	11,25	10,00 a
2000	6,25	8,75	5,00	6,67 a
Médias	7,00 B	15,50 A	7,50 B	
Coeficiente de variação = 71,88%				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior índice de estacas mortas foi verificado na estação do outono, com 44,25% de mortalidade, diferindo estatisticamente das demais estações estudadas (Tabela 2.7). Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que os tratamentos com 0 e 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, apresentaram média de 35,42% de estacas mortas.

Um dos fatores que pode explicar tais resultados está relacionado ao estresse resultante do transporte e preparo do material, apesar dos cuidados tomados, pode ter ocasionado certo estresse fisiológico, resultando nos elevados índices de mortalidade de estacas. Esse estresse pode estar associado à oxidação da base das estacas exercendo influência direta sobre o material vegetal. Essa oxidação pode ser influenciada pelo genótipo, ou seja, algumas espécies apresentam-se mais suscetíveis, o que pode dificultar o processo de rizogênese das estacas (TEIXEIRA, 2001). A oxidação é influenciada principalmente por compostos fenólicos muitas vezes prejudiciais ao processo de enraizamento; porém, essenciais às funções fisiológicas das plantas, visto o importante papel de regular a oxidação do IAA (ácido indol acético), principal auxina encontrada naturalmente nas plantas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Esta espécie apresenta folhas particularmente grandes quando jovem, desta forma, uma maneira de reduzir estas folhas a fim de padronizar o tamanho final e homogeneizar o material, foi reduzi-las a uma área foliar comum, definida pela praticidade em 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro), mesmo assim, houve certa sobreposição das folhas em casa de vegetação, definida popularmente como “efeito guarda-chuva”, onde o principal problema

acarretado é a limitação da passagem de água para as partes mais próximas à base das estacas, gerando um estresse hídrico nestas áreas e podendo levar a mortalidade das mesmas. Este fator pode ter influenciado negativamente este experimento, ampliando os índices de mortalidade das estacas de quiri.

Tabela 2.7 - Porcentagem de mortalidade em estacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]			
mg L <sup>-1</sup>	Outono	Primavera	Verão	Médias
Porcentagem de mortalidade				
0	51,25	33,75	21,25	35,42 a
500	43,75	40,00	18,75	34,17 a
1000	36,25	33,75	23,75	31,25 a
1500	37,50	32,50	12,50	27,50 a
2000	52,50	38,75	15,00	35,42 a
Médias	44,25 A	33,75 B	18,25 C	
Coeficiente de variação = 26,42%				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A porcentagem de emissão de brotos para estacas coletadas no verão é estatisticamente superior aquelas coletadas no outono e primavera, exceto na concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>. Na comparação das médias para estacas coletadas no verão, a concentração de 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA (63,75%) apresentou-se numericamente superior as concentrações de 500, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 61,25%, 56,25% e 55,00%, respectivamente, diferindo apenas da concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA (45,00%). Já para estacas coletadas no outono, o melhor resultado foi verificado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA (35,00%), sendo numericamente superior as concentrações de 0, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 25,00%, 32,50% e 33,75%, respectivamente, diferindo estatisticamente da concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 16,25% de estacas brotadas. Na primavera, o melhor resultado foi verificado na concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 51,25%, não diferindo estatisticamente das demais concentrações estudadas (Tabela 2.8).

Tais resultados evidenciam as condições fisiológicas apresentadas pelas estacas nas diferentes estações de coleta, ou seja, no outono, onde se tem uma entrada em repouso vegetativo da espécie, observaram-se os menores índices de estacas brotadas. Já na primavera

e verão, onde foi encontrado um vigor vegetativo intenso da espécie, pode-se observar o maior índice de brotação das mesmas. Estes altos percentuais de emissão de brotos na primavera e verão podem estar relacionados aos melhores índices de enraizamento desta espécie em casa de vegetação nestas estações, quando comparadas ao outono.

Tabela 2.8 - Porcentagem de estacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no outono e primavera/2011 e verão/2012, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[IBA]	[ESTAÇÕES DO ANO]									
mg L <sup>-1</sup>	Outono			Primavera			Verão		Médias	
Porcentagem de estacas brotadas										
0	25,00	a	b B	37,50	a	B	63,75	a	A	42,08
500	35,00	a	B	40,00	a	B	61,25	a	b A	45,42
1000	32,50	a	b B	41,25	a	A B	56,25	a	b A	43,33
1500	33,75	a	b B	40,00	a	A B	55,00	a	b A	42,92
2000	16,25		b B	51,25	a	A	45,00		b A	37,50
Médias	28,50			42,00			56,25			
Coeficiente de variação = 21,26%										

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.4 ANÁLISE S ANATOMICAS

Analizando as secções da base de estacas semilenhosas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* coletadas nas estações do outono/2011 (Figura 2.5 - A), primavera/2011 (Figura 2.5 - B) e verão/2011 (Figura 2.5 - C), Verificou-se a existência de diferenças anatômicas entre as três estações de coleta, sendo o material caracterizado por apresentar grande juvenilidade em seus tecidos. O caule encontrava-se em crescimento secundário nas três estações, apresentando epiderme unisseriada, com instalação do felogênio na camada subepidérmica apenas em estacas coletadas na estação do verão (Figura 2.5 - C).

O córtex é composto externamente por 7 a 9 camadas de colênquima e internamente por 12 camadas de parênquima. Ainda na região cortical são identificados feixes de fibras dispostos em um anel descontínuo, apresentando maior espessamento de parede nas estações da primavera e verão. No outono, estes feixes de fibras encontram-se ainda em início de espessamento de parede, com pouca ou nenhuma lignificação (Figura 2.5 - A).

O floema secundário é contínuo, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima, apresentando-se em uma faixa estreita. O câmbio vascular apresenta-se bastante ativo, com uma faixa larga de células em diferenciação. Foi registrada uma maior atividade celular no verão e primavera em relação ao outono, representado pela maior quantidade de camadas de células em diferenciação. No xilema secundário pode-se verificar a existência de raios parenquimáticos, com 2, 3 ou 4 fileiras de células, a presença de vasos em sua maioria isolados ou em agrupamentos radiais, fibras e parênquima paratraqueal. (Figura 2.5 - C).

A medula é composta por parênquima (Figura 2.5 - C), o qual sofre lise com o passar do tempo, formando uma fístula ou lacuna. Não foram evidenciadas a presença de grãos de amido, compostos fenólicos e lipídios, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta. Não foi evidenciada a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta.

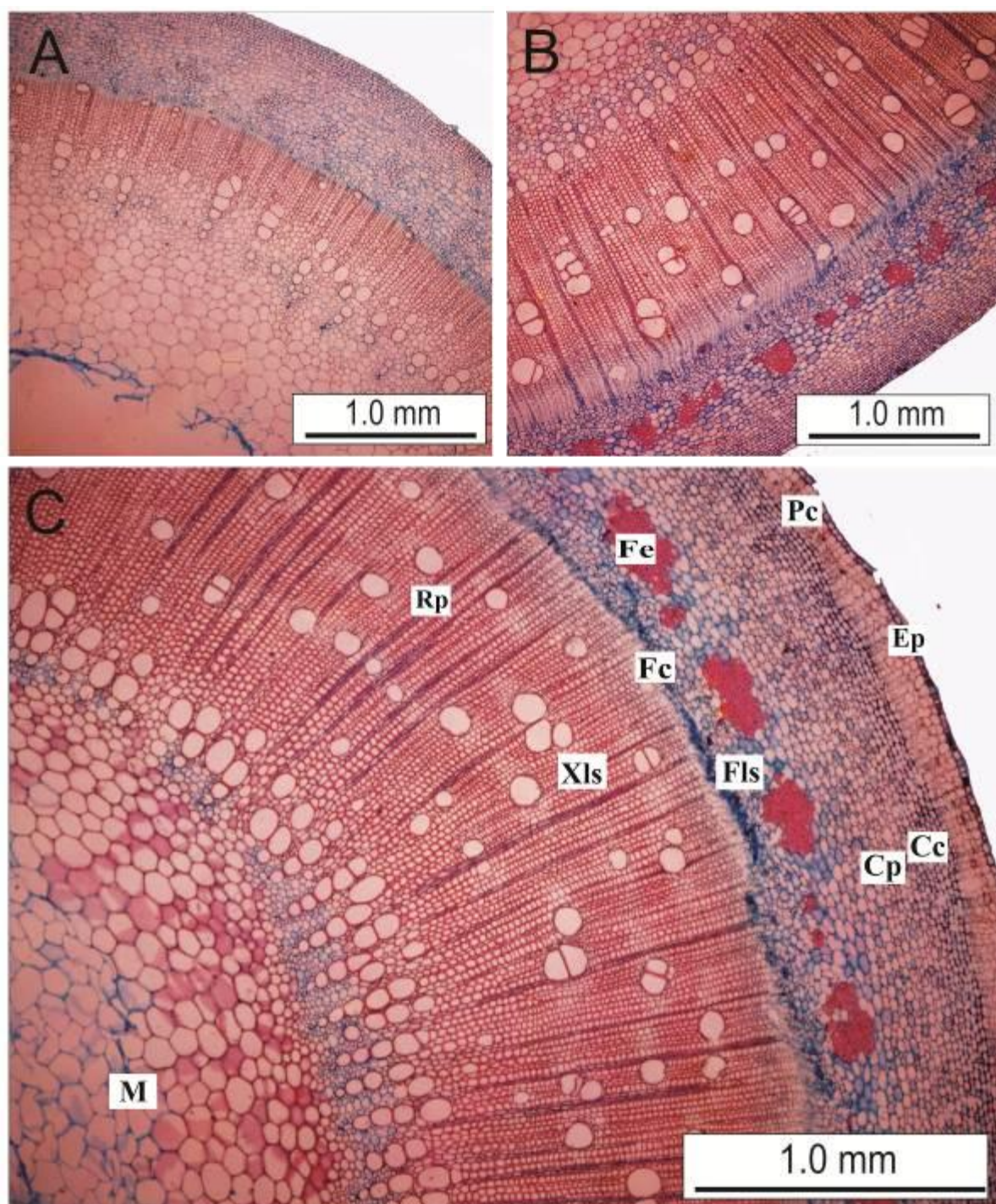


Figura 2.5 - Secções transversais de estacas caulinares semilenhosas, provenientes de brotações epicórmicas de decepadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. **A.** Vista geral do corte na estação do outono; **B.** Vista geral do corte na estação da primavera; **C.** Vista geral do corte na estação do verão: Epiderme (Ep), parenquima cortical (Pc), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), feixes de esclerênquima (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), xilema secundário (Xls) e medula (M).

## 4.5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

- ✓ Estacas de brotações epicórmicas oriundas de decepadas coletadas no verão e primavera são respectivamente mais indicadas para o enraizamento;
- ✓ O uso de ácido indol butírico (IBA) foi eficiente para a indução de raízes, sendo recomendada a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup>;
- ✓ Não foram observadas barreiras anatômicas ao enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de quiri em nenhuma das estações estudadas.

## REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV. 2004.

ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992. p. 824-836.

BATISH, D. R. *et al.* Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 12, p. 2166-2174, 2008.

BERGMANN, B. A.; MOON, H. K. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. **Plant Cell Reports**. v. 16, p. 315-319, 1997.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suec., Royal paulownia. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, p. 572-573, 1974.

BORTHWICK, H. A.; TOOLE, E. H.; TOOLE, V. K. Phytocrome control of *Paulownia* seed germination. **Israel Journal of Botany**, v. 13, p. 122-133, 1964.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, n.6, p.315-324, 2004.

EMBRAPA FLORESTAS. SAC responde. <<http://www.cnpf.embrapa.br/novidades/folhaflorestas/16/sacresponde.html>>. Acesso: 10/04/2004.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; BOEGER, M. R. T.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. pela aplicação de ácido indol butírico e ácido bórico. **Leandra**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 11-16, 2001.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. Adventitious root formation in cuttings. **Advances in Plant Sciences Series**, v. 2. Portland: Dioscorides Press, p. 11-28, 1987.

HARTMANN, H. T. *et al.* **Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil - Madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

LOVELL, J.; WHITE, P. H. Anatomical changes during adventitious root formation. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, p. 111-140, 1986.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 40p.

PASQUAL, M. *et al.* **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137p.

PRESTON, D. J. Paulownia: miracle tree or passing fancy? **American forests**, v. 89, n. 5, p. 15-20, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TEIXEIRA, J. B. **Limitações ao processo de cultivo *in vitro* de espécies lenhosas**. Brasília: Embrapa-Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Documentos 79. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.



ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. ***Paulownia in china: Cultivation and utilization***. Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17/03/2012.

## 5. CAPÍTULO III - ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) PROVENIENTES DE MINIJARDIM

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a técnica de miniestaquia como método de propagação de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, avaliando a sobrevivência das minicepas e a produção de miniestacas ao longo de sucessivas coletas, bem como o percentual de enraizamento destas miniestacas. As minicepas foram formadas a partir de mudas originárias de estaquia, com material proveniente de brotações epicórmicas coletadas de cecepa a 2 metros de altura em árvores de aproximadamente 20 anos de idade, sendo conduzidas em um sistema semi-hidropônico. Os experimentos foram realizados entre os meses de abril e junho/2012. Foram confeccionadas miniestacas com cerca de 5 cm, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior das estacas. O plantio foi realizado em tubetes de 53 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita fina e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v) acondicionados em casa de vegetação climatizada. Após 30 dias foram avaliadas a porcentagem de miniestacas enraizadas, número e comprimento de raízes/miniestaca, porcentagem de miniestacas com calos, sobrevivência, mortalidade, porcentagem de miniestacas com emissão de novos brotos e com manutenção das folhas originais. Após cinco coletas sucessivas, as minicepas apresentaram 100% de sobrevivência e uma produção média entre 75,93 e 113,53 miniestacas/m<sup>2</sup>/mês. O enraizamento alcançou 90% na última coleta. Os maiores valores para o número de raízes e o comprimento médio das três maiores raízes/miniestaca foram 4,57 e 5,38 cm, respectivamente. As porcentagens de miniestacas com calos, vivas e mortas foram baixas, em função dos altos índices de enraizamento verificados. A emissão de novos brotos teve seu maior índice na segunda coleta, com 8,75% de miniestacas brotadas, devendo-se este resultado às altas taxas de manutenção de folhas originais nas miniestacas, atingindo 75,00% na primeira coleta. Não foi observada influência das diferenças anatômicas sobre a emissão de novas raízes. Dessa forma, conclui-se que a miniestaquia de quiri a partir de material de origem clonal, apresenta-se tecnicamente viável, sendo uma ótima alternativa para a produção de mudas desta espécie.

**Palavras chaves:** Rejuvenescimento, minicepas, manutenção de folhas.

## ROOTING OF QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) MINICUTTINGS OBTAINED FROM MINIGARDEN

### ABSTRACT

This study aims to evaluate the mini cutting technique as a propagation method of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, assessing the mini stumps survival and the production of mini cuttings throughout consecutive samplings, as well as the rooting percentage of these cuttings. Mini stumps had been formed from the cutting seedlings, with material arising from epicormic shoots collected from coppicing at 2 meters height of 20 years old trees, being conducted in a semi-hydroponic system. The experiments had conducted between April 2012 and June 2012. Cuttings have been made with about 5 cm, remaining two leaves reduced to an area of about 78.5 cm<sup>2</sup> (10 cm diameter) on the upper third of the cuttings. The plantation had taken place in 53 cm<sup>3</sup> tubes, filled with fine vermiculite and rice hulls (1:1 v/v) placed in a heated greenhouse. After 30 days there has been evaluated the percentage of the cuttings, number and length of roots/mini cutting, percentage of cuttings with callus, survival, mortality, and percentage of cuttings with the emission of new shoots and maintenance of the original sheets. After five successive samplings, the mini stumps had shown 100% survival rate and an average production between 75.93 and 91.87 mini cuttings/m<sup>2</sup>/month. Rooting had reached 90% in the last sampling. The highest values for the number of roots and the average length from the three longest roots/mini-cutting were respectively 4.57 and 5.38 cm. The percentages of callused mini-cuttings were low, dead and alive, due to the verified high rates of rooting. The emission of new shoots had its highest rate in the second sampling, with 8.75% of sprouted mini cuttings. This result is attributed to the substantial ratio of the original sheets maintenance on the mini-cuttings, reaching 75.00% in the first sampling. There has been no influence of anatomical differences over the issuance of new roots. Thus, it is concluded that mini cutting of quiri from clonal material presents itself as technically feasible and it is a great alternative for the production of seedlings of this species.

**Keywords:** Rejuvenation, ministumps, maintenance sheets.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta matriz, não ocorrendo desta forma a recombinação gênica, tendo em vista a utilização de segmentos vegetativos (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; HARTMANN *et al.*, 2011). Neste contexto, a miniestaquia pode ser classificada como uma evolução no processo de propagação vegetativa, uma vez que tende a reduzir a área produtiva pela adoção de minijardins clonais, reduzindo também o período de enraizamento e aclimação e, sobretudo, tornando desnecessária a aplicação de reguladores vegetais para indução do enraizamento (HIGASHI *et al.* 2000; XAVIER *et al.*, 2003; WENDLING *et al.*, 2005; FERRIANI *et al.*, 2010).

Nos dias atuais, a miniestaquia se apresenta como a melhor opção para fins de propagação de espécies florestais, acima de tudo para fins de produção massal, e vem sendo adotado pelas empresas florestais brasileiras, principalmente para clonagem de espécies do gênero *Eucalyptus* (HIGASHI *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2007), sendo adaptada para diversas espécies de cunho florestal como *Prunus persica* (MONCALEÁN *et al.*, 2002), *Corylus avellana* (ANDRÉS *et al.*, 2002), erva-mate (WENDLING *et al.*, 2007) dentre outras.

A miniestaquia vem sendo considerada uma técnica promissora, pois visa o aproveitamento do potencial juvenil endógeno das espécies florestais, gerando grandes benefícios ao processo de enraizamento do material vegetal, gerando qualidade na produção de mudas de espécies florestais. É ainda como uma técnica viável do ponto de vista econômico, e passível de aplicação tanto em grandes como pequenos produtores de mudas (FERRIANI *et al.*, 2010).

O gênero *Paulownia*, pertencente à família Scrophulariaceae, é originário do leste da Ásia, sendo popularmente conhecido como quiri. Das 15 espécies pertencentes a este gênero, as mais conhecidas e cultivadas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana*, e *P. tomentosa* (BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Data de 1956 a introdução do quiri no Brasil, sendo relativamente escassa a bibliografia sobre pragas e outros agentes prejudiciais a esta essência florestal. Este gênero foi também introduzido na América do Norte, Austrália, Europa e Japão, para diferentes fins (KUMAR *et al.*, 1999).

É um gênero que apresenta boa resistência a baixas temperaturas, se adaptando bem no sul do Brasil, principalmente no estado do Paraná, onde foi recentemente introduzido (LORENZI *et al*, 2003). Ainda no sul, os plantios de quiri estabelecidos na região do Alto Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina, apresentam características fenotípicas de resistência a pragas e a condições climáticas de interesse para sua produção comercial.

A lentidão no processo de germinação, aliada a grande variação fenotípica resultante da propagação sexuada, gera a necessidade de estudos mais detalhados no que diz respeito a outras vias para a propagação para esta espécie, evidenciando o interesse da miniestaquia para a obtenção de uma grande quantidade de mudas em curto espaço de tempo (BERGMANN, 1997). Para que haja sucesso no processo de propagação por miniestaquia de quiri, é necessário o conhecimento da existência ou não de barreiras anatômicas limitantes ao processo de enraizamento. Comumente encontrado em espécies arbóreas, um exemplo de barreira anatômica a emissão de raízes são os anéis de esclerênquima contínuos entre o floema e o córtex, os quais resultam em uma camada externa ao local de origem do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011). No entanto, algumas barreiras podem estar relacionadas a características anatômicas específicas de cada espécie (BASTOS, 2005).

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o enraizamento de miniestacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, bem como verificar por meio de análises anatômicas e histoquímicas, a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de raízes adventícias.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 MINIESTAQUIA

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo – PR.

Mudas obtidas a partir de estacas (originárias de brotações de cepas - capítulo 4) enraizadas foram transferidas para sistema semi-hidropônico de canaletão em leito de areia em fevereiro de 2012 e plantadas em espaçamento 20 cm x 20 cm. Decorridos 30 dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda da brotação apical para homogeneizar as brotações nas minicepas. A poda foi efetuada 10 cm acima da região do colo das minicepas, tomando-se o cuidado de manter, no mínimo, duas folhas remanescentes (Figura 3.1-A). Uma amostra da espécie foi devidamente preservada e depositada no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná sob o número de registro UPCB 73379.



Figura 3.1 - Minicepas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*: **A.** Uma semana após a poda apical para condução; **B.** 30 dias após a poda apical apresentando o perfil das brotações coletadas; **C.** Aspecto geral da miniestaca semilenhosas.

O minijardim semi-hidropônico de canaletão em leito de areia encontrava-se em estufa recoberta com polietileno, onde as minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento três vezes ao dia a uma vazão média de  $6 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . A solução nutritiva, adaptada de Wendling *et al.* (2007), foi composta por monoamônio fosfato ( $0,065 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de magnésio ( $0,40 \text{ g L}^{-1}$ ), nitrato de potássio ( $0,44 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de amônio ( $0,2 \text{ g L}^{-1}$ ), Sulfato de potássio ( $0,07 \text{ g L}^{-1}$ ), cloreto de cálcio ( $0,40 \text{ g L}^{-1}$ ), ácido bórico ( $2,88 \text{ mg L}^{-1}$ ),

sulfato de manganês ( $3,70 \text{ mg L}^{-1}$ ), molibdato de sódio ( $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de zinco ( $0,74 \text{ mg L}^{-1}$ ) e hidroferro em pó ( $81,80 \text{ mg L}^{-1}$ ). A solução nutritiva foi substituída a cada duas semanas.

As minicepas foram submetidas a sucessivas coletas de brotações produzidas durante todo o período experimental. As coletas foram efetuadas em diferentes intervalos variáveis de 15 a 20 dias e de maneira seletiva, ou seja, brotações menores que 5 cm de comprimento e com menos de três pares de folhas foram mantidas na minicepa para as coletas subsequentes.

A sobrevivência das minicepas e a produção de miniestacas/ $\text{m}^2/\text{mês}$  no minijardim foram avaliadas durante o período de 6 meses (janeiro a junho/2011). Nas minicepas foram realizadas 5 coletas sucessivas, as quais corresponderam aos tratamentos utilizados. Ao longo das coletas foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência de minicepas (SM) e a produção de miniestacas por metro quadrado (PMQ).

O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado, sendo o minijardim composto de 40 minicepas e as coletas realizadas nos seguintes períodos:

- 02/04/2012;
- 20/04/2012;
- 08/05/2012;
- 23/05/2012;
- 12/06/2012.

As miniestacas apresentavam diâmetro médio em torno de 0,6 cm e foram confeccionadas com um comprimento de 6 a 8 cm, com corte em bisel na base e corte reto na porção superior, mantendo-se duas folhas no ápice com área reduzida a uma superfície aproximada de  $78,5 \text{ cm}^2$  (10 cm de diâmetro) (Figura 3.1 - C). Durante o processo de confecção, as miniestacas foram mantidas em baldes com água para evitar desidratação do material.

O plantio das miniestacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de  $53 \text{ cm}^3$ , preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as miniestacas plantadas a cerca de 2 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de  $24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar superior a 80%), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo - PR (Figura 3.2).

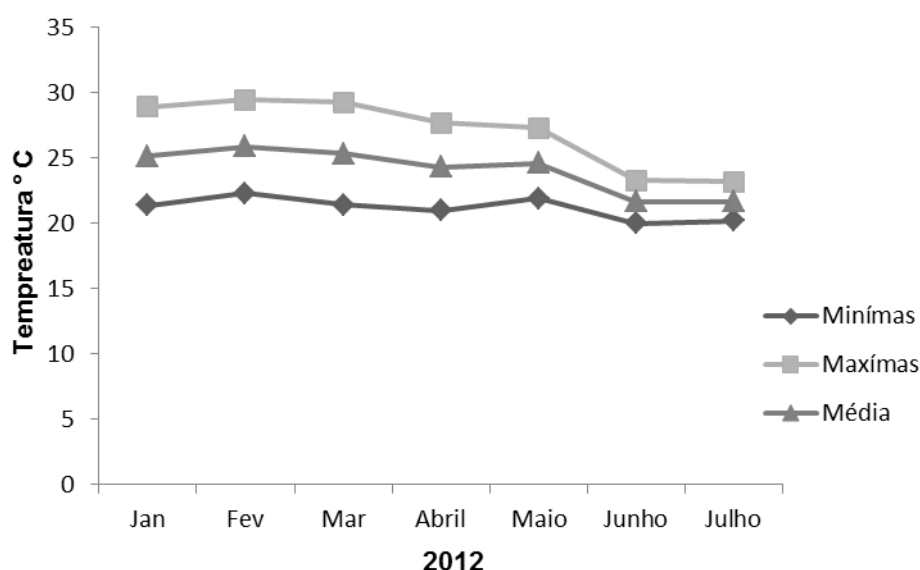


Figura 3.2 - Médias das temperaturas máximas, médias e mínimas dentro da casa de vegetação da Embrapa Florestas, entre os meses de janeiro/2012 e julho/2012.

Transcorridos 30 dias da instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (miniestacas vivas que apresentavam raízes de, pelo menos, 2 mm de comprimento);
- Número de raízes por miniestaca;
- Comprimento das três maiores raízes por miniestaca (cm);
- Porcentagem de miniestacas com calos (miniestacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (miniestacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (miniestacas que se encontravam com tecidos necrosados);
- Porcentagem de miniestacas brotadas (miniestacas vivas, com ou sem formação de raízes e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);
- Manutenção de folhas nas miniestacas (porcentagem de miniestacas que mantiveram as folhas originais no leito de enraizamento).

Os experimentos foram implantados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com 5 coletas sucessivas e quatro repetições, contendo 20 estacas por unidade experimental, totalizando 400 miniestacas. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças



significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### **5.2.2 ANÁLISES ANATÔMICAS**

No período de instalação do experimento foram coletadas amostras de aproximadamente 2 cm da base das miniestacas, as quais foram fixadas em FAA70 por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em álcool 70% até o início das atividades de confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e infiltrados em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) com espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido, cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos, e sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi permanentes com a utilização de gelatina-glicerina, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas através de fotomicrografias em fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Ficologia - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

### **5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância revelou haver diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas apenas para a variável porcentagem de miniestacas enraizadas. Para as demais variáveis analisadas, não existem diferenças significativas (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/miniéstaca, comprimento médio das três maiores raízes/miniéstaca, miniéstacas com calos, sobrevivência, mortalidade e miniéstacas brotadas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*.

		Quadrado médio							
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	B (%)	MF (%)
Coletas	4	233,12*	1,38 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	70,00 <sup>ns</sup>	54,37 <sup>ns</sup>	73,12 <sup>ns</sup>	23,75 <sup>ns</sup>	67,50 <sup>ns</sup>
Erro	15	75,82	0,59	0,78	68,33	45,83	72,50	16,66	78,33
Total	19								
Coeficiente de variação (%)		11,16	20,20	18,94	50,10	79,65	60,82	74,23	12,55
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		8,03 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	6,23 <sup>ns</sup>	4,61 <sup>ns</sup>	7,50 <sup>ns</sup>	7,34 <sup>ns</sup>	7,63 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Miniéstacas enraizadas; NR: Número de raízes/miniéstaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/miniéstaca; C: Miniéstacas com calos; S: Sobrevivência; M: Mortalidade; B: Miniéstacas brotadas; MF: Manutenção de folhas;

### 5.3.1 SOBREVIVÊNCIA DAS MINICEPAS E PRODUÇÃO DE MINIESTACAS

Os resultados para a sobrevivência de minicepas, produção de miniestacas por minicepas e a produtividade de miniestacas por metro quadrado (m<sup>2</sup>) em *Paulownia fortunei* var. *mikado*, ao longo de cinco coletas sucessivas, entre os meses de abril e junho/2012, estão apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Intervalo entre as coletas, número de minicepas, número de miniestacas/coleta, média de miniestacas/m<sup>2</sup>/coleta e número de miniestacas/m<sup>2</sup>/mês de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, instaladas em canaletão, entre abril e junho/2012.

[COLETAS]	Intervalo entre coletas (dias)	Número de Minicepas	Número de Miniestacas/ coleta	Média de miniestacas/ m <sup>2</sup> / coleta	Miniestaca /m <sup>2</sup> / mês
<b>1</b>		40	147	91,75	91,87
<b>2</b>	18	40	109	68	113,53
<b>3</b>	18	40	97	60,5	101,03
<b>4</b>	15	40	90	56,25	112,5
<b>5</b>	20	40	81	50,5	75,93
<b>Médias</b>	<b>17,75</b>	<b>40</b>	<b>104,8</b>	<b>65,4</b>	<b>98,97</b>

Observou-se uma ótima adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, as quais apresentaram um desenvolvimento acelerado, sem a identificação de queimas foliares ao longo do experimento, comprovando, desta forma, a eficiência da composição química utilizada como solução nutritiva para fins de produção de propágulos nesta espécie. Não foi verificada mortalidade de minicepas ao longo do experimento, tendo em vista a adoção de uma metodologia de manejo e coleta de miniestacas que visa preservar a minicepa ao longo de coletas sucessivas, deixando sempre de 2 a 5 ramos em desenvolvimento por minicepa, seguindo a recomendação de trabalhos realizados com diferentes espécies para fins de produção de miniestacas (CUNHA *et al.*, 2005). De acordo com Ferriani *et al.* (2010), a remoção excessiva de brotações em minicepas instaladas em minijardim pode resultar na mortalidade das mesmas, devido, principalmente, aos efeitos fitotóxicos resultantes das elevadas concentrações de nutrientes disponibilizados às minicepas.

As minicepas apresentaram a mesma capacidade de produção de brotações, exceto na primeira coleta, com 147 brotações, sendo esta maior produção justificada principalmente pelo fato desta coleta ser resultante de um período maior em relação às coletas seguintes, uma vez que, a partir da poda apical das minicepas, a primeira coleta procedeu-se após 30 dias, tempo superior em relação às demais coletas. Esses resultados concordam com os encontrados por Wendling *et al.* (2000) onde, em minicepas de *Eucalyptus* spp. verificaram uma superioridade na produção de miniestacas por minicepa na primeira coleta em relação às demais. Esta variação tem sido verificada na maioria das espécies estudadas, em miniestaquia de *Psidium guajava* L. 'paluma', realizou-se a primeira coleta 39 dias após o desponte, obtendo 1,52 brotações por minicepa em média (MARINHO *et al.*, 2009), já em estudos de miniestaquia com *Toona ciliata*, Souza *et al.* (2009), realizaram a primeira coleta somente 70 dias após o desponte, com uma produção de 1,1 brotações por minicepa.

No presente experimento observou-se uma tendência na diminuição da produção de miniestacas por minicepa, coerente com as diminuições das temperaturas médias (Figura 3.3), refletindo uma possível superioridade numérica nesta produção em estações como verão e primavera em comparação ao outono e inverno.

Uma boa produção de brotos em minijardim clonal é essencial para o sucesso da miniestaquia, sendo fator chave para a viabilização da técnica. No presente trabalho observou-se uma variação na produção de miniestacas/m<sup>2</sup>/mês que foi de 75,93 a 113,53 miniestacas/m<sup>2</sup>/coleta. Trabalhando com diferentes cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.), Altoé (2011), verificou uma produção média de brotações que variou de 0,67 a 4,96 brotos por minicepa, em diferentes intervalos de coleta. Já para *Eucalyptus* sp., esta variação na produção de brotos tende a ser ainda maior, entre 1,7 e 11,9, havendo ainda uma grande variação entre as diferentes espécies e clones desta espécie (TITON *et al.*, 2003). Trabalhando com miniestaquia de erva mate, Wendling *et al.* (2007), verificaram um valor médio de 291 miniestacas/m<sup>2</sup>/coleta.

É importante salientar que, apesar de baixa, a produção de brotos em *P. fortunei* se apresenta promissora, tendo em vista o perfil das brotações em minijardim, com folhas grandes dificultando o desenvolvimento de uma maior quantidade de brotos em uma única minicepa (Figura 3.1-B).

A quantidade de miniestacas produzidas por minicepa indica o potencial de fornecimento de propágulos para a produção de mudas e, quando se considera uma área específica, em metros quadrados (m<sup>2</sup>), aumenta-se a percepção da quantidade de área

necessária para produção de mudas, dependendo da capacidade de enraizamento da espécie em questão. O potencial de produção de miniestacas de quiri por metro quadrado de área instalada em minijardim apresentou uma tendência de decréscimo ao longo das cinco coletas sucessivas, sendo de 91,87 miniestacas/m<sup>2</sup> na primeira coleta e 50,62 miniestacas/m<sup>2</sup> na última coleta, tendo uma média de 65,5 miniestacas/m<sup>2</sup> (Tabela 3.2). Este decréscimo reflete a tendência já vista anteriormente para o número de miniestacas por minicepa, em função das diminuições das temperaturas ao longo do outono.

### 5.3.2 ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS

Os melhores resultados para enraizamento de miniestacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foram observados na quinta coleta, com 90% de miniestacas enraizadas, diferindo estatisticamente somente da terceira coleta, com 70% de miniestacas enraizadas, sendo este o menor índice de enraizamento apresentado (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Porcentagem de enraizamento, número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes/miniestacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, provenientes de cinco coletas sucessivas, entre abril e junho/2012.

[COLETAS]	ENRAIZAMENTO (%)	NÚMERO DE RAÍZES/ MINIESTACA	COMPRIMENTO DE RAÍZES/ MINIESTACA (cm)
1	76,25 a b	3,55 a	4,69 a
2	80,00 a b	2,97 a	5,38 a
3	70,00 b	4,02 a	4,38 a
4	73,75 a b	3,85 a	5,03 a
5	90,00 a	4,57 a	3,84 a
<b>Médias</b>	<b>78,00</b>	<b>3,79</b>	<b>4,66</b>
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	11,16	20,20	18,94

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os ótimos resultados encontrados para a variável porcentagem de enraizamento são um reflexo, dentre outros fatores, da eficiência do controle das condições ambientais em leito

de enraizamento, sendo a manutenção da umidade um fator crucial para o sucesso da propagação vegetativa. Existem diversos fatores que podem afetar o enraizamento de miniestacas, dentre os quais estão os fatores relacionados com a manipulação das condições ambientais em ambiente protegido, principalmente luminosidade, temperatura e umidade (XAVIER *et al.*, 2009).

Os resultados verificados no presente trabalho confirmam a juvenilidade do material de estudo, reunindo condições favoráveis à formação de um sistema radicial adequado, mostrando que a produção de mudas de *P. fortunei* é viável por meio da técnica de miniestaquia, sendo esta uma ótima alternativa para a produção massal desta espécie. Os resultados verificados no presente experimento estão de acordo com a literatura para as diferentes espécies florestais já estudadas (WENDLING; SOUZA JUNIOR, 2003; XAVIER *et al.*, 2003; WENDLING; XAVIER, 2005).

Por se tratar de um material com características juvenis, optou-se pela não utilização de reguladores vegetais para indução do enraizamento adventício, levando-se em conta, que a juvenilidade do material tem como característica um balanço de hormônios vegetais favoráveis ao enraizamento podendo, em determinados casos, ocorrer uma resposta negativa à aplicação de reguladores vegetais (XAVIER, 2003; NACHTIGAL; FACHINELLO, 1995).

O período de 30 dias de manutenção das miniestacas em casa de vegetação para enraizamento mostrou-se satisfatório, tendo em vista os bons resultados encontrados para a variável porcentagem de enraizamento no presente experimento. Esse período coincide com o período de manutenção em leito de enraizamento para diversas espécies florestais, como corticeira-do-mato (*E. falcata*) (WENDLING; FERRARI; DUTRA, 2005) e eucalipto (*E. grandis*) (WENDLING; XAVIER, 2003).

Em relação ao número de raízes/miniestaca não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior resultado numérico verificado na quinta coleta, com 4,57 raízes/miniestaca (Tabela 3.3). Os resultados encontrados podem ser considerados satisfatórios, levando-se em conta o curto período de avaliação dos experimentos, apenas 30 dias, e da ausência de utilização de auxinas na indução do sistema radicial, dependendo assim, apenas das concentrações endógenas de auxina da espécie. Estes resultados verificados para a variável número de raízes/miniestaca são promissores e essenciais para a recomendação da técnica de miniestaquia para a espécie em questão, uma vez que, um bom sistema radicial contribui consideravelmente a uma maior eficiência na

absorção de nutrientes e, sobretudo, no desenvolvimento da muda a campo (REIS *et al.*, 2000).

Para o comprimento médio das três maiores raízes/miniéstaca não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior resultado encontrado foi na segunda coleta, com 5,38 cm (Tabela 3.3). Tal resultado demonstra a qualidade do sistema radicial formado em miniéstacas de quiri, levantando a importância da juvenilidade deste material na rápida emissão e desenvolvimento das raízes adventícias, considerando-se o curto tempo de avaliação deste material.

De acordo com Wendling e Xavier (2001), na propagação clonal de espécies florestais, a técnica de miniestaquia se apresenta como um exemplo de rejuvenescimento, resultando em melhores percentuais de enraizamento, velocidade e qualidade de formação das raízes, bem como melhorando a qualidade final das mudas produzidas.

Com relação à porcentagem de miniéstacas com calos não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior valor observado na terceira coleta, com 21,25% e o menor valor na quinta coleta, com 11,25% (Tabela 3.4). Estes resultados demonstram a juvenilidade deste material, que apresenta índices relativamente baixos de emissão de calos associados a altos índices de enraizamento de miniéstacas, fato interessante, quando o intuito é obter mudas de qualidade, com um bom desenvolvimento do sistema radicial em um espaço de tempo adequado. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), os baixos índices de formação de calos em miniéstacas podem ser considerados um indicativo da juvenilidade do material em questão, fato este verificado para miniéstacas desta espécie por meio das análises anatômicas.

As análises anatômicas mostraram que miniéstacas de *P. fortunei*, apesar de apresentar-se em crescimento secundário, constituem-se de um material com características juvenis, apresentando epiderme multisseriada e feixes de fibras ainda não lignificados, não apresentando barreiras anatômicas ao desenvolvimento do sistema radicial adventício.

Observou-se que o menor índice de formação de calos em miniéstacas de *P. fortunei* ocorreu na quinta coleta, justamente onde se obtiveram os melhores resultados para a variável porcentagem de enraizamento, evidenciando o fato de que esta diferenciação do tecido da base das miniéstacas para a formação de calos não resulta, necessariamente, em desdiferenciação para formação de raízes adventícias, sendo estas geradas de forma direta.



Tabela 3.4 - Porcentagem de miniestacas com calos, sobrevivência, mortalidade, porcentagem de miniestacas brotadas e porcentagem de manutenção de folhas em miniestacas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, provenientes de cinco coletas sucessivas, entre abril e junho/2012.

	<b>C</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>MF</b>
<b>[COLETAS]</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>1</b>	16,25 a	7,50 a	16,25 a	6,25 a	75,00 a
<b>2</b>	13,75 a	10,00 a	10,00 a	8,75 a	66,25 a
<b>3</b>	21,25 a	11,25 a	18,75 a	3,75 a	66,25 a
<b>4</b>	20,00 a	11,25 a	15,00 a	2,50 a	71,25 a
<b>5</b>	11,25 a	2,50 a	7,50 a	6,25 a	73,75 a
<b>Médias</b>	<b>16,50</b>	<b>8,50</b>	<b>13,50</b>	<b>5,50</b>	<b>70,50</b>
<b>Coefficiente de variação (%)</b>	50,10	79,65	60,82	74,23	12,55

C: Porcentagem de miniestacas com calos; S: Porcentagem de sobrevivência; M: Porcentagem de miniestacas mortas; B: Porcentagem de miniestacas brotadas; MF: Porcentagem de miniestacas com manutenção das folhas; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a sobrevivência de miniestacas, não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo os maiores valores encontrados na terceira e quarta coletas, com 11,25% de miniestacas com calos, respectivamente, e o menor valor verificado na quinta coleta, com 2,50% (Tabela 3.4). Os menores índices de sobrevivência foram observados na quinta coleta, onde, se observou também o maior índice de enraizamento, indicando, a eficiência no controle das variáveis ambientais e do manejo em casa de vegetação, mantendo desta forma o vigor das miniestacas.

Com relação a mortalidade de miniestacas de quiri não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior valor observado na terceira coleta, com 18,75% de miniestacas mortas, e o menor valor verificado na quinta coleta, com 7,50% (Tabela 3.4). A mortalidade de miniestacas é uma variável dependente de diversos fatores, podendo ser estes intrínsecos ao material vegetal, ou mesmo relativos às condições ambientais (HARTMANN *et al.*, 2011).

Trabalhando com miniestacas herbáceas de *Maytenus aquifolia*, Silva (1999), determinou que fatores intrínsecos do material utilizado foram os grandes responsáveis pelos altos índices de mortalidade em miniestacas desta espécie. Por outro lado, Brondani *et al.* (2007), avaliando a técnica de miniestaquia como alternativa a propagação em *Ilex paraguariensis*, observaram que a falta de controle das condições ambientais em casa

de vegetação, como temperatura e umidade, resultou em fatores negativos para o enraizamento das miniestacas, ampliando os índices de mortalidade das mesmas.

Para a porcentagem de miniestacas brotadas não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior valor observado na segunda coleta, com 8,25% de miniestacas brotadas e o menor valor verificado na quarta coleta, com 2,50% (Tabela 3.4). Estes baixos índices para a formação de brotos em miniestacas de *P. fortunei*, devem-se ao fato de estas terem sido avaliadas 30 dias após a instalação, conotando tempo possivelmente insuficiente para que ocorresse a emissão de brotos. Por outro lado, estes resultados podem estar atrelados à manutenção das folhas nas miniestacas, que apresentaram índices altos, não havendo desta forma, a quebra da dominância apical e a posterior emissão de brotos.

Tal fato foi verificado por Pio *et al.* (2005) que, trabalhando com miniestacas de oliveira (*Olea europaea* L.) observaram que a ausência de folhas nas miniestacas, ou mesmo a queda das folhas durante o processo de enraizamento, fez com que houvesse um estímulo à emissão de brotações pelas gemas axilares localizadas na base do pecíolo das folhas, outrora dormentes.

Com relação a variável porcentagem de miniestacas que mantiveram as folhas, não foram verificadas diferenças significativas entre as cinco coletas sucessivas, sendo o maior valor observado na primeira coleta, com 75,00% (Tabela 3.4). Estes altos índices de manutenção das folhas em miniestacas de *P. fortunei* em leito de enraizamento, estão possivelmente atrelados ao fato de que a manutenção das folhas está relacionada ao início do processo de formação de raízes, onde todos os metabólitos sintetizados ainda na planta matriz podem ser transportados para a região de enraizamento após a confecção das miniestacas, além da função regulatória do estado hídrico das mesmas (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Mayer e Pereira (2003) comprovaram a influência da retenção de folhas nas miniestacas sobre a velocidade de enraizamento de umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.), observando que a ausência das mesmas comprometia o enraizamento e resultava em maiores índices de miniestacas com calo ou mortas. Em um estudo semelhante, utilizando miniestacas herbáceas de pessegueiro cv. Jubileu, com ou sem tratamento com ácido indol butírico, demonstraram que a manutenção das folhas era fator preponderante ao sucesso no processo de enraizamento das mesmas (MINDÊLLO NETO; BALBINOT JÚNIOR, 2004).

As análises anatômicas mostraram que miniestacas de *P. fortunei*, apesar de apresentar-se em crescimento secundário, constitui-se de um material com características

juvenis, apresentando epiderme multisseriada e feixes de fibras ainda não lignificados, não apresentando barreiras anatômicas ao desenvolvimento do sistema radicial adventício.

## 5.4 ANÁLISE S ANATÔMICAS

Analizando as secções da base de miniestacas semilenhosas provenientes de brotações de minicepas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* instaladas em canaletão semi-hidropônico coletadas entre os meses de abril e junho/2012 (Figura 3.3), pode-se observar um material caracterizado por apresentar grande juvenilidade em seus tecidos. O caule encontra-se em crescimento secundário, apresentando periderme em início de instalação, em posição subepidérmica.

O córtex apresenta-se bastante espesso, composto externamente por 08 a 10 camadas de colênquima e internamente por 12 a 14 camadas de parênquima. Ainda na região cortical são identificados feixes de fibras não esclerificados, dispostos em um anel descontínuo (Figura 3.3).

O floema secundário é contínuo, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima axial e radial. A faixa cambial é formada por várias camadas de células indiferenciadas, sendo visível uma atividade celular intensa, representado pela maior quantidade de camadas de células neste órgão (Figura 3.3). No xilema secundário pode-se verificar a existência de raios parenquimáticos, com 2, 3 ou 4 fileiras de células, bem como a presença de vasos em sua maioria isolados ou em agrupamentos radiais, fibras e parênquima paratraqueal (Figura 3.3).

A medula é composta por parênquima, o qual sofre lise com o passar do tempo, formando uma fistula ou lacuna. Não foi evidenciada a presença de grãos de amido, compostos fenólicos e lipídios no material analisado.

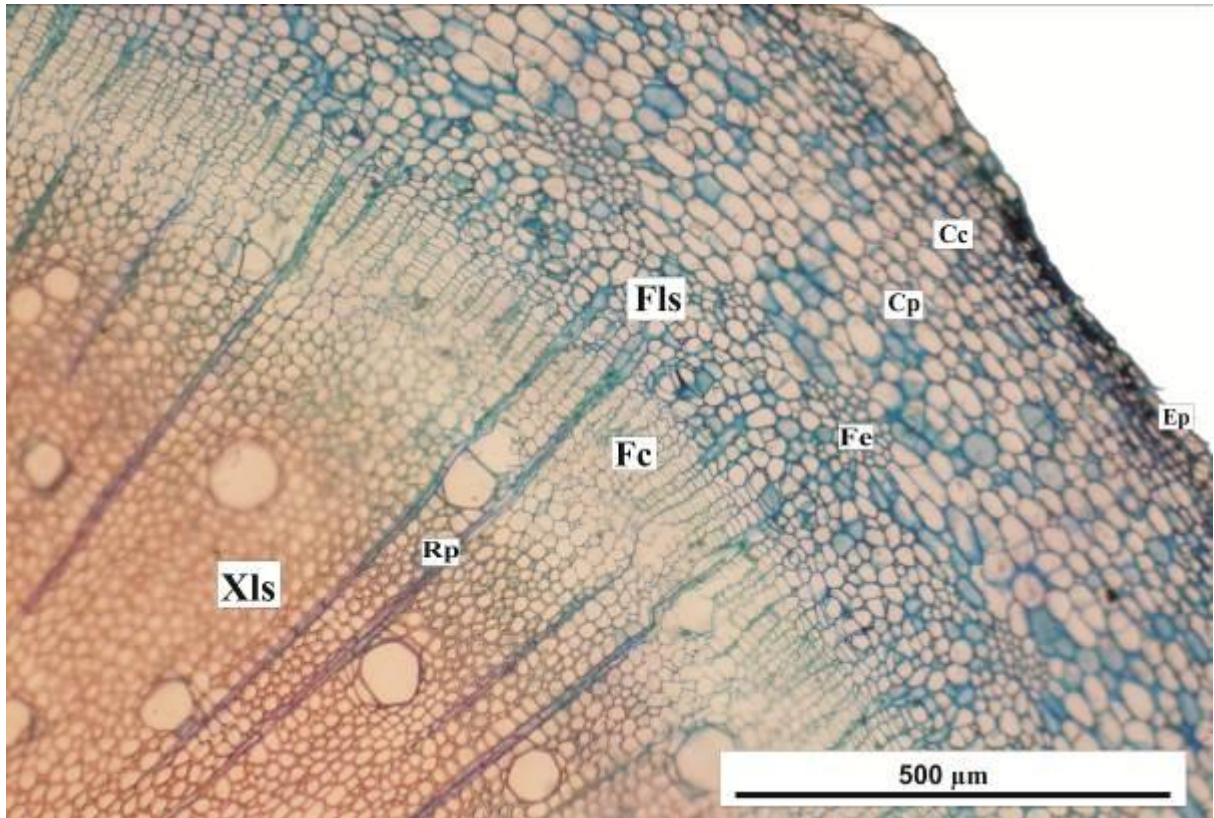


Figura 3.3 - Secção transversal de miniestacas caulinares de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. Epiderme (Ep), células colenquimáticas (Cc), células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras não esclerificados (Fe), floema secundário (Fls), faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp) e xilema secundário (Xls).

## 5.5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

- ✓ É viável a propagação de *Paulownia fortunei* var. *mikado* por miniestaquia;
- ✓ As minicepas apresentaram 100% de sobrevivência;
- ✓ O enraizamento médio de miniestacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foi de 78%;
- ✓ Não foram observadas barreiras anatômicas ao enraizamento de miniestacas de quiri.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* f. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ALTOÉ, J. A. **Produtividade de minicepas, enraizamento de miniestacas e qualidade de mudas de goiabeira e araçazeiros produzidas por miniestaquia**. 119f. Dissertação (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

ANDRÉS, H. *et al.* Phytohormone contents in *Corylus avellana* and their relationship to age and other developmental processes. **Plant cell, Tissue and Organ Culture**, Netherlands, v. 70, p. 173-180, 2002.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2005. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracaba. 2005.

BERGMANN, B. A.; MOON, H. K. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. **Plant Cell Reports**. v. 16, p. 315-319, 1997.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suec., Royal *paulownia*. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, p. 572-573, 1974.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambientes de enraizamento e substratos na miniestaquia da erva-mate, **Scientia agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 22p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc94.pdf>>. Acesso em: 27 de fev. 2012.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@mbiente on line**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de Eucalyptus: princípios básicos e sua evolução no Brasil, Circular Técnica IPEF, n. 192, 11p. São Paulo: **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, 2000.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KUMAR, M. B.; BARKER, R. E.; REED, B. M.: Morphological and molecular analysis of genetic stability in micropropagated *Fragaria* x *Ananassa* cv. Pocahontas. **In Vitro Cellular & Developmental Biology: Plant**, v. 35 p. 254-258, 1999.

LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil - Madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

MARINHO, C.S.; MILHEM, L.M.A.; ALTOÉ, J.A.; BARROSO, D.G.; POMMER, C.V. Propagação da goiabeira por miniestaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p. 607-611, 2009.

MAYER, N. A.; PEREIRA, F. M. Enraizamento de estacas herbáceas de quatro clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) durante o inverno ameno, em Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 505-507, 2003.

MINDÊLLO NETO, U. R.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro, cultivar Jubileu, com imersão rápida em AIB. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 88-90, 2004.

MONCALEÁN, P.; RODRIGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, B. Plant growth regulators as putative physiological markers of developmental stage in *Prunus persica*. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 36, n. 1, p. 27-29, 2002.

NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C. Efeito de substratos e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de araçazeiro (*P. cattleyanum* Sabine). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, p.34-39, 1995.



OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; RIOS, M. N. S.; REZENDE, M. E. **Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria**. Recomendação Técnica 41. Brasília: Embrapa, 2001. 4 p.

PIO, R.; BASTOS, D. C.; BERTI, A. J.; SCARPARE FILHO, J. A.; ENTELMANN, F. A.; ALVES, A. S. R.; BETTIOL NETO, J. E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indol butírico. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 562-567, maio/jun., 2005.

REIS, J. M. R.; CHALFUN, N. N. J.; LIMA, L. C. O.; LIMA, L. C. Efeito do estiolamento e do ácido indol butírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 24, n. 4, p.931-938, 2000.

SILVA, C. P. **Efeitos do ANA, ácido bórico, paclobutrazol e da época de coleta, no enraizamento de estacas caulinares de espinheira-santa (*Maytenus aquifolia* Mart.)**. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Botânica) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, 33 (2), p. 205-213, 2009.

TITON, M.; XAVIER, A.; REIS, G. G.; OTONI, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*, **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 619-625, 2003.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; GOMES, J. M.; PIRES, I. E.; ANDRADE, H. B. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado e espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.187-94, 2001.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38 (4): 475-480, 2003.

WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVAMATE, 2003, Chapecó. Anais. Chapecó: Epagri, 2003. 8p. 1 CD-ROM.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis, **Comunicado Técnico Embrapa Florestas**, Colombo, n.130, Outubro, 2005.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*, *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 289-292, 2007

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA M. L. Enraizamento de miniestaca caular e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. *Paulownia in china: Cultivation and utilization*. Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17 de mar. 2012.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39 p.

**6. CAPÍTULO IV: ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) ORIUNDAS DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPA A CAMPO E DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO COM APLICAÇÃO DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO (IBA)**

**RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo comparar duas origens de estacas e diferentes concentrações de IBA na estaquia de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. As estacas foram confeccionadas a partir de dois materiais: brotações epicórmicas de decepta, com 12 cm de comprimento e duas folhas reduzidas a 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro), plantadas em tubetes de 170 cm<sup>3</sup> e a segunda, brotações epicórmicas induzidas em galhos mantidos em casa de vegetação, com cerca de 8-10 cm, com duas folhas reduzidas a metade da superfície original, plantadas em tubetes de 53 cm<sup>3</sup>. Tratou-se a base das estacas com ácido indol butírico (IBA) nas concentrações 0, 500, 1000, 1500 e 2000 mg L<sup>-1</sup>. O substrato utilizado foi composto por vermiculita fina e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v) e as estacas foram acondicionadas em casa de vegetação climatizada. Após 60 dias foram avaliadas a porcentagem de estacas enraizadas, número e comprimento de raízes, porcentagem de estacas com calos, sobrevivência, mortalidade, porcentagem de estacas brotadas e manutenção das folhas originais nas estacas. Estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos destacados apresentaram enraizamento (58,12%) e comprimento médio das três maiores raízes/estaca (4,76 cm) superiores às provenientes de decepta; entretanto, o maior valor para número de raízes/estaca (7,66) e porcentagem de estacas com calos (27,50) foi verificado em estacas provenientes de decepta. Não se faz necessário o uso de ácido indol butírico para o enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de deceptas e de galhos destacados de quiiri. Não foi observada influência das diferenças anatômicas sobre a emissão de novas raízes.

**Palavras chaves:** Estaquia, rejuvenescimento, auxinas.

**ROOTING FOR CUTTINGS OF (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*)  
FROM EPICORMIC SHOOTS OF COPPICING IN SITU AND FROM EPICORMIC  
SHOOTS OF BRANCHES IN GREENHOUSE WITH APPLICATION OF  
INDOLEBUTYRIC ACID (IBA)**

**ABSTRACT**

This study aims to compare two sources of cuttings and different concentrations of IBA on rooting of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. The stakes were made of two materials: coppicing epicormic shoots, with 12 cm long and two leaves reduced to 78.5 cm<sup>2</sup> (10 cm diameter), planted in 170 cm<sup>3</sup> tubes and the second, epicormic shoots induced on branches kept in a greenhouse, with about 8-10 cm, with two leaves reduced to half of their original surface, planted in tubes of 53 cm<sup>3</sup>. The basis of cuttings had been treated with indolebutyric acid (IBA) at concentrations of 0, 500, 1000, 1500 and 2000 mg L<sup>-1</sup>. The substrate that had been used was composed of fine vermiculite and rice hulls (1:1 v/v) and the cuttings were placed in a heated greenhouse. It had been evaluated, after 60 days, the rooting percentage, number and length of roots, percentage of cuttings with callus, survival, mortality, sprouting percentage and maintenance of the original sheets on stakes. Cuttings from epicormic shoots of branches have shown better rooting (58.12%) and the average length of the three largest roots/cutting (4.76 cm) was higher than those from coppicing, however, the highest value for number of roots/cutting (7.66) and percentage of cuttings with callus (27.50) was observed in cuttings from coppicing. It is not required the use of indolebutyric acid for rooting cuttings of epicormic shoots from coppicing and branches of quiri. There has been no influence of anatomical differences over the issuance of new roots.

**Keywords:** Cuttings, rejuvenation, auxins.

## 6.1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa tem sido empregada mundialmente na produção de mudas de espécies florestais. Este método consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas, originando desta forma, indivíduos geralmente idênticos à planta matriz de interesse (HARTMANN *et al.*, 2011). Sua crescente utilização deve-se a uma maior capacidade de capturar os ganhos genéticos resultantes dos programas de melhoramento (WENDLING; XAVIER, 2003). O uso desta técnica se justifica quando há a disponibilidade de um genótipo de alta qualidade e produtividade, ou quando a espécie apresenta alguma limitação, como por exemplo, baixa produtividade de sementes (XAVIER *et al.*, 2003), ou ainda dormência e/ou baixo potencial germinativo (FERRARI *et al.*, 2004).

O sucesso da propagação vegetativa de uma determinada espécie dependerá de diversos fatores relacionados ao enraizamento, variando para cada espécie, de acordo com o tratamento subsequente, sendo a facilidade ou não de enraizar explicada por fatores intrínsecos, como estágio fisiológico da planta matriz, balanço hormonal, juvenilidade e idade da mesma e, extrínsecos ao material, como a estação do ano, tipo e origem das estacas, luz, temperatura e umidade (ONO; RODRIGUES, 1996; ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; FERRIANI, 2009).

Neste contexto, a maturação em plantas lenhosas é um assunto de extrema importância tendo-se em vista sua participação direta nos processos fisiológicos dos vegetais, gerando entre outros efeitos, variações na capacidade de propagação vegetativa, nas taxas e formas de crescimento, na qualidade e rapidez na formação de raízes, mudanças nas características de crescimento, morfologia foliar e, também, alterações fisiológicas e bioquímicas (WENDLING; XAVIER, 2001).

Entre as técnicas de resgate de material superior, é possível citar a decepa de árvores adultas, como amplamente empregada para este fim. Esta técnica consiste no corte raso de árvores que alcançaram a maturidade, induzindo-as, desta forma, à emissão de brotações epicórmicas, as quais apresentam crescimento extremamente rápido, muitas vezes desrespeitando o modelo arquitetônico original da espécie, comandado pelos meristemas e, por serem, via de regra, fisiologicamente mais juvenis que as anteriores (SEITZ, 1996; BORGES JÚNIOR *et al.*, 2004). Estes brotos, provenientes das gemas laterais da base possuem maior juvenilidade dos tecidos e são mais vigorosos, fatores que melhoram a

capacidade de enraizamento dos mesmos. Além disso, plantas podadas podem fornecer grandes quantidades de material juvenil para a produção de mudas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Já a indução de brotações epicórmicas em galhos consiste na utilização de segmentos de ramos de aproximadamente um metro de comprimento, coletados da planta matriz a ser resgatada, colocados sobre areia lavada ou diretamente sobre uma tela, em casa de vegetação, sob nebulização intermitente. Como alternativa para diminuir o estresse hídrico, as extremidades dos galhos podem ser seladas com parafina e colocadas em ambiente úmido, com elevada incidência de luz. Depois de um período de 45-60 dias, as brotações epicórmicas formadas nos galhos são empregadas para produção de estacas para enraizamento (ALFENAS *et al.*, 2004).

O gênero *Paulownia*, pertencente à família Scrophulariaceae, é originário do leste da Ásia, sendo popularmente conhecido como quiri. Das 15 espécies pertencentes a este gênero, as mais conhecidas e cultivadas são *Paulownia elongata*, *P. fargesii*, *P. fortunei*, *P. glabrata*, *P. taiwaniana*, e *P. tomentosa* (BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986). Data de 1956 a introdução do quiri no Brasil, sendo relativamente escassa a bibliografia sobre pragas e outros agentes prejudiciais a esta essência florestal. Este gênero foi também introduzido na América do Norte, Austrália, Europa e Japão, para diferentes fins (KUMAR *et al.*, 1999).

Existem diversos trabalhos com o gênero *Paulownia* realizados no mundo, há relatos que, em sistemas silvipastoris na China, a espécie *Paulownia elongata* favoreceu uma redução de 20% a 30% na velocidade dos ventos que incidiam sobre a pastagem (ZHU *et al.*, 1986). O quiri tem despertado interesse em alguns países da América do Norte, principalmente em função de características intrínsecas de sua madeira, como baixa densidade, resistência à ação de microrganismos e agentes xilófagos, além do seu extraordinário crescimento a campo (BONNER, 1990). Entretanto, no Brasil este gênero é praticamente desconhecido.

A lentidão, aliada à grande variação fenotípica resultante da propagação sexuada para o gênero *Paulownia*, gera a necessidade de estudos mais detalhados no que diz respeito a outras vias para a propagação do quiri, tornando a propagação vegetativa interessante para a obtenção de uma grande quantidade de mudas em curto espaço de tempo (BERGMANN, 1997). Entretanto, a ausência de trabalhos no Brasil que apresentem de uma forma concisa protocolos de propagação para este gênero, tem dificultado a utilização eficiente dessa espécie.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o enraizamento de estacas caulinares de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, provenientes de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas e brotações epicórmicas de galhos destacados, com a aplicação de ácido indol butírico em diferentes concentrações, bem como verificar por meio de análises anatômicas, a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de raízes adventícias.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.2.1 ESTAQUIA

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo - PR. Uma amostra da espécie foi devidamente preservada e depositada no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná sob o número de registro UPCB 73379.

#### 6.2.1.1 BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE DECEPAS

A coleta do material vegetativo de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foi realizada em propriedade rural pertencente ao senhor Nilvo José Mees, localizada na comunidade de Chapadão Nova Itália, município de Aurora - SC, sob as coordenadas 27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W. O clima é caracterizado como subtropical (mesotérmico úmido com verões quentes), segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual entre 18-19 °C, precipitação anual entre de 1300-1500 mm, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

As brotações foram provenientes de decepta de plantas matrizes de aproximadamente 27 anos de idade e diâmetro à altura do peito (dap) de 60-80 cm, realizada a aproximadamente 2 m do solo (Figura 4.1 – A, B). O experimento foi instalado em 03/10/2011 (primavera).

Ao longo do processo de coleta a campo, os ramos foram sendo umedecidos e acondicionados em sacos plásticos para posterior transporte para um ambiente coberto, a partir dos quais foram confeccionadas estacas caulinares semilenhosas com cerca de 10 a 12 cm de comprimento, com corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas a uma superfície aproximada de 78,5 cm<sup>2</sup> (10 cm de diâmetro) no terço superior da estaca (Figura 4.1 - C). Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em balde com água a fim de evitar desidratação do material. Depois de confeccionadas, estas foram acondicionadas em caixas de isopor envoltas por papel



umedecido e gelo e transportadas para as dependências da Embrapa Florestas em Colombo-PR.

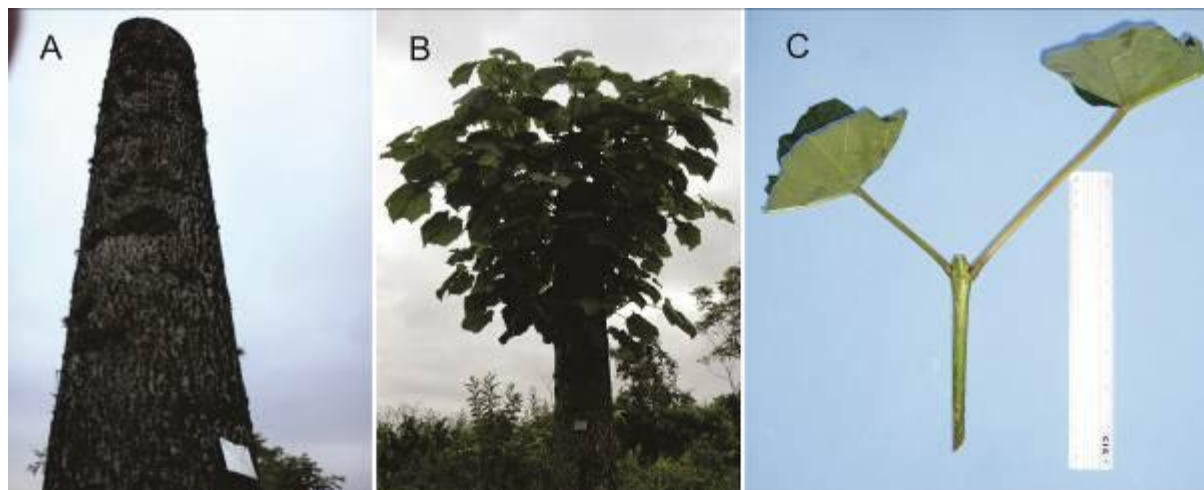


Figura 4.1 - Decepa de plantas matrizes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*: **A.** A altura de 2,0 m do solo; **B.** Brotações epicórmicas oriundas de decepa, 3 meses após a decepa; **C.** Aspecto geral das estacas semilenhosas.

No Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, as estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), sendo lavadas em água corrente por 10 minutos. Posteriormente, a base das estacas foi tratada com Benlate® 0,1% por 10 minutos (ação fungicida). Na sequência procedeu-se o tratamento das bases das estacas com o regulador vegetal ácido indol butírico (IBA) conforme os seguintes tratamentos (T):

- T1: 0 mg L<sup>-1</sup> IBA (testemunha);
- T2: 500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T3: 1000 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T4: 1500 mg L<sup>-1</sup> IBA;
- T5: 2000 mg L<sup>-1</sup> IBA;

Para os tratamentos com as diferentes concentrações de IBA, as bases das estacas foram imersas em solução hidroalcolica (50% v/v) de ácido indol butírico por 10 segundos. As estacas referentes ao tratamento T1 (0 mg L<sup>-1</sup> IBA), não foram submetidas a tratamentos com regulador vegetal, sendo apenas imersas em solução de água destilada e álcool (50% v/v). Utilizou-se ácido indol butírico P.A. proveniente do Laboratório Merck. O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 170 cm<sup>3</sup>, preenchidos

com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 3 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar superior a 80%), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo - PR e cujo os valores das temperaturas máximas, médias e mínimas se encontram na figura 4.2.

Transcorridos 60 dias da instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes de pelo menos 2 mm de comprimento);
- Número de raízes/estaca;
- Comprimento das três maiores raízes/estaca (cm);
- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados);
- Porcentagem de estacas brotadas (estacas vivas, com ou sem formação de raízes e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);
- Manutenção de folhas nas estacas (porcentagem de estacas que mantiveram as folhas originais no leito de enraizamento).

Os experimentos foram implantados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições contendo oito estacas por unidade experimental, totalizando 160 estacas.

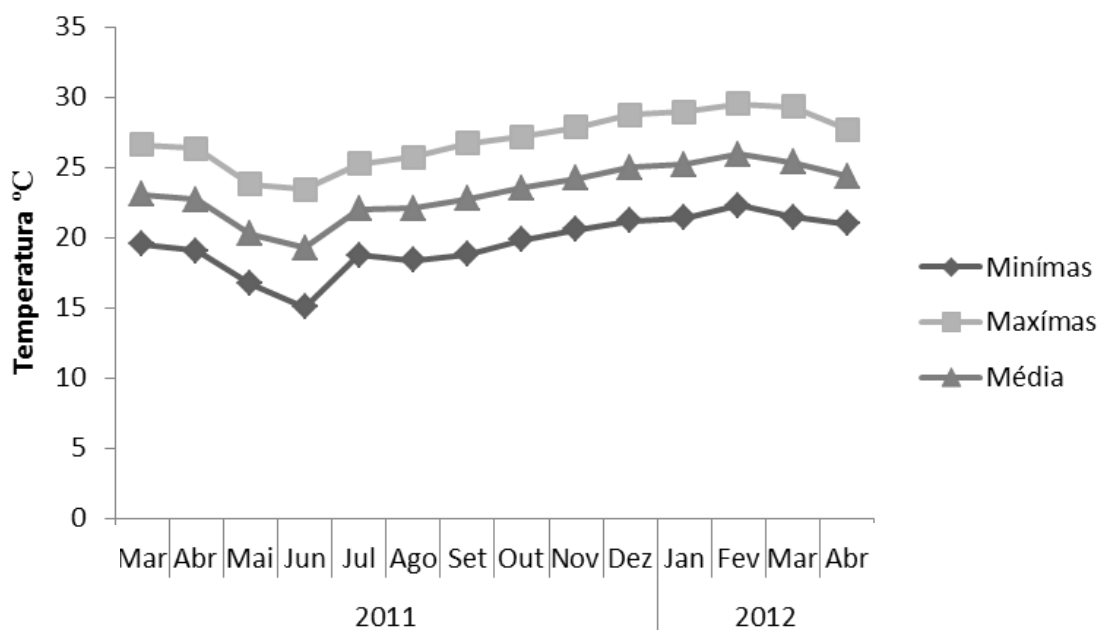


Figura 4.2 - Médias das temperaturas máximas médias e mínimas da casa de vegetação da Embrapa Florestas entre os meses de março/2011 a abril/2012.

#### 6.2.1.2 BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

A coleta dos galhos de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foi realizada no mês de outubro/2011 (10/10/2011) na propriedade rural do senhor Nilvo José Mees, localizada na comunidade de Chapadão Nova Itália, município de Aurora - SC, sob as coordenadas 27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W. O clima é caracterizado como subtropical (mesotérmico úmido com verões quentes), segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual entre 18-19 °C, precipitação anual entre de 1300-1500 mm, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Para a avaliação do resgate de árvores selecionadas de *P. fortunei* por indução de brotações em galhos podados, foram utilizados 57 ramos provenientes de árvores de aproximadamente 20 anos de idade, retirados da copa de 10 árvores matrizes, a uma altura de aproximadamente 10 metros, padronizados em 60 cm de comprimento e diâmetro de aproximadamente 10-15 cm (Figura 4.3 - A). Esses ramos foram acondicionados em embalagens plásticas e transportados no dia seguinte para o Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas em Colombo - PR (11/10/2011).

Os ramos foram então mantidos na posição vertical, em contato direto com o piso, sustentados por uma rede de arames, a fim de mantê-los nesta posição, com o objetivo de indução de brotações epicórmicas, em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar superior a 80%), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo – PR (Figura 4.2).

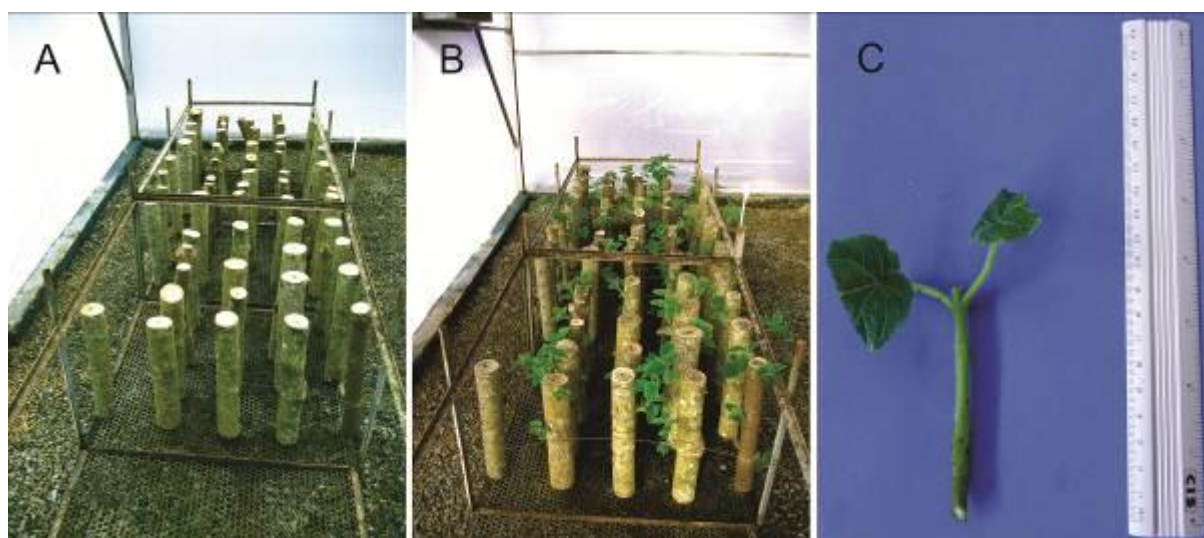


Figura 4.3 - Galhos provenientes de plantas matrizes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*: **A.** Recém colocadas em casa de vegetação; **B.** 30 dias após a instalação, evidenciando as brotações epicórmicas; **C.** Aspecto geral das estacas semilenhosas.

Após 60 dias, as brotações epicórmicas (Figura 4.3 - B) dos ramos mantidos em casa de vegetação foram coletadas, sendo confeccionadas estacas com 8 a 10 cm de comprimento, corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, mantendo-se duas folhas reduzidas à metade de sua superfície original no terço superior da estaca. (Figura 4.3 - C).

Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em balde com água a fim de evitar desidratação do material. Depois de confeccionadas, as estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), sendo lavadas em água corrente por 10 minutos. Posteriormente, as bases das estacas foram tratadas com o regulador vegetal ácido indol butírico (IBA) conforme os seguintes tratamentos (T):

- T1:  $0\text{ mg L}^{-1}$  IBA (testemunha);
- T2:  $500\text{ mg L}^{-1}$  IBA;
- T3:  $1000\text{ mg L}^{-1}$  IBA;
- T4:  $1500\text{ mg L}^{-1}$  IBA;
- T5:  $2000\text{ mg L}^{-1}$  IBA;

Para os tratamentos com as diferentes concentrações de IBA, as bases das estacas foram imersas em solução hidroalcolica (50% v/v) de ácido indol butírico por 10 segundos. As estacas do tratamento T1 (0 mg L<sup>-1</sup> IBA) foram imersas em solução de água destilada e álcool (50% v/v), sem adição de regular vegetal. O ácido indol butírico P.A. utilizado foi do Laboratório Merck. O plantio das estacas foi realizado em tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 3 cm de profundidade, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24 °C ± 2 °C e superior a 80% de umidade relativa do ar), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo - PR (Figura 4.2).

Transcorridos 45 dias da instalação dos experimentos foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes de pelo menos 2 mm de comprimento);
- Número de raízes/estaca;
- Comprimento das três maiores raízes/estaca (cm);
- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados);
- Porcentagem de estacas brotadas (estacas vivas, com ou sem formação de raízes e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);
- Manutenção de folhas nas estacas (porcentagem de estacas que mantiveram as folhas originais no leito de enraizamento).

### **6.2.1.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os experimentos foram implantados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2x5 (2 tipos de estacas x 5 concentrações de IBA), com quatro repetições contendo oito estacas por unidade experimental, totalizando 320 estacas ao final do experimento. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### **6.2.2 ANÁLISES ANATÔMICAS**

No momento de instalação dos experimentos, foram coletadas amostras da base das estacas com cerca de 2 cm de comprimento, as quais foram colocadas em FAA70 por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em álcool 70% até o início das atividades de confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e infiltrados em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) com espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido, cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos, e sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi permanentes com a utilização de gelatina-glicerina, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas por meio de fotomicrografias em fotomicroscópio

Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Fisiologia - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

### **6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância para os dados coletados na primavera/2011 revelou que a interação entre os fatores tipos de estacas e concentração de IBA aplicada foi significativa para as variáveis crescimento médio das três maiores raízes/estaca e porcentagem de manutenção de folhas, indicando que os fatores não são independentes. Para as demais variáveis analisadas, os resultados indicaram que a interação entre os fatores foi não significativa, atestando que os fatores são independentes, que o fator tipos de estacas foi significativo para as variáveis porcentagem de enraizamento, porcentagem de estacas com calos, sobrevivência e mortalidade de estacas e que o fator concentração de IBA foi significativo para a variável número de raízes (Tabela 4.1).



Tabela 4.1 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos, sobrevivência, mortalidade, e porcentagem de estacas brotadas provenientes de brotações epicórmicas de decepas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA), na estação da primavera/2011.

		Quadrado Médio							
Fontes de variação	Grau de Liberdade	E (%)	NR (%)	CMR (%)	C (%)	S (%)	M (%)	MF (%)	B (%)
Tipos de Estacas	1	2847,65**	339,89 <sup>ns</sup>	30,44**	5941,41**	765,62*	2640,62**	35,15 <sup>ns</sup>	1265,62 <sup>ns</sup>
Concentração de IBA	4	365,23 <sup>ns</sup>	592,11*	0,95 <sup>ns</sup>	150,39 <sup>ns</sup>	19,53 <sup>ns</sup>	44,92 <sup>ns</sup>	78,12**	160,16 <sup>ns</sup>
Tipos de estacas x Concentração de IBA	4	298,83 <sup>ns</sup>	332,85 <sup>ns</sup>	6,47*	52,73 <sup>ns</sup>	140,62	130,86 <sup>ns</sup>	171,87**	406,25 <sup>ns</sup>
Erro	30	279,95	214,29	1,78	73,48	108,37	111,77	19,34	338,54
Total	39								
Coeficiente de variação (%)		33,67	62,46	34,40	55,98	111,04	41,26	93,82	33,45
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		3,89 <sup>ns</sup>	13,82 <sup>ns</sup>	13,56 <sup>ns</sup>	19,94*	8,36 <sup>ns</sup>	13,01 <sup>ns</sup>	9,00 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; S: Sobrevivência; M: Mortalidade; MF: Manutenção de folhas; B: Estacas brotadas;

Foi observada diferença estatística significativa para a porcentagem de enraizamento entre os dois tipos de estaca, oriundas de brotações epicórmicas de decepta e de galhos de *Paulownia fortunei* var. *mikado* coletadas na primavera/2011, sendo que o melhor resultado foi observado em estacas de brotações epicórmicas de galhos, com 58,12% (Tabela 4.2). Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA utilizadas, sendo que o tratamento com 1500 mg L<sup>-1</sup>, associado a estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, apresentou média de 68,75% de estacas enraizadas.

Tabela 4.2 - Porcentagem de enraizamento de estacas provenientes de brotações epicórmicas de deceptas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

concentrações de ácido indolacético (IBA):			
	[TIPOS DE ESTACAS]		
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Decepas	Brotações Epicórmicas de Galhos	Médias
	Porcentagem de enraizamento		
0	28,12	59,37	43,75 a
500	34,37	56,25	45,31 a
1000	40,62	50,00	45,31 a
1500	46,87	68,75	57,81 a
2000	56,25	56,25	56,25 a
Médias	41,25 B	58,12 A	
Coeficiente de variação = 33.67%			

Coefficiente de variação = 33,67%

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma problemática na propagação de espécies florestais está na obtenção de brotações viáveis, que apresentem boa capacidade de enraizamento associadas a um bom desenvolvimento a campo. Estas duas variáveis estão relacionadas dentre outros fatores, à origem genética da planta matriz e ao grau de juvenilidade apresentado pelo material utilizado, levando-se em consideração que, quanto mais adulto for o material, menor será a sua capacidade de enraizamento e, pior o desenvolvimento a campo (FERRARI *et al.*, 2004).

De um modo geral, o experimento apresentou bons resultados para a variável porcentagem de enraizamento de estacas, fato este, possivelmente relacionado ao alto grau de juvenilidade do material utilizado, comprovado pela análise anatômica realizada para os dois

tipos de estacas (Figura 4.6). Ambos apresentavam na região cortical feixes de fibras de esclerênquima dispostas em um anel descontínuo; no entanto, no material proveniente de decepta, verificou-se um maior grau de lignificação destas células, apresentando paredes mais espessas e lúmen consideravelmente menor. Desta forma, mesmo que em uma camada descontínua, estes feixes de fibras poderiam constituir uma barreira ao enraizamento das estacas.

De acordo com Lovell e White (1986), diversas espécies apresentam um conjunto de barreiras anatômicas específicas, tais como fibras e esclereídeos no floema primário do caule, formando uma espécie de anel contínuo que impede o sistema radicial de ultrapassá-lo. Já em caules mais velhos este impedimento pode se efetivar pela presença de uma bainha de esclerênquima perivascular.

Verificou-se também um efeito favorável ao enraizamento relacionado à manutenção das folhas nas estacas, gerando desta forma, a possibilidade de translocação de hormônios e outros compostos favoráveis ao enraizamento para a base das estacas. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), a presença de folhas em estacas caulinares, pode ser fator preponderante na promoção do estímulo a iniciação de raízes adventícias pela translocação de carboidratos para a base da estaca, além de auxinas e outros co-fatores do enraizamento.

O melhor desempenho de estacas confeccionadas a partir de brotações epicórmicas de galhos destacados pode estar atrelado às diferenças morfológicas dos dois materiais, sendo as estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta com um diâmetro maior em relação às oriundas de galhos. Essas apresentavam também folhas maiores, mesmo após a redução da área foliar para 10 cm de diâmetro. Este fato, pode gerar diversos problemas ao enraizamento, tais como, transpiração excessiva do material, causando a desidratação das estacas, ou mesmo, a deposição do excesso de água na lâmina foliar (efeito guarda-chuva). Tal efeito é verificado em espécies com grande área foliar, onde há a sobreposição das folhas em casa de vegetação, dificultando a passagem de água da irrigação para o substrato. Mesmo com a redução da área foliar, verificou-se um pequeno efeito de sobreposição das folhas, inicialmente corrigido com regas adicionais e posteriormente normalizado com a queda natural das folhas.

Outro fator que pode ter influenciado o desempenho das estacas provenientes de decepta, diz respeito ao estresse resultante do transporte e preparo do material. Apesar dos cuidados tomados, pode ter havido certo estresse fisiológico, podendo este ser responsável, em parte, pelos menores índices de enraizamento em relação as estacas provenientes de

galhos. Este estresse pode estar associado à oxidação da base das estacas, exercendo influência direta sobre o material vegetal que em geral, pela ação de monofenóis tende a estimular a oxidação do IAA (ácido indol acético), enquanto o-difenóis, p-difenóis e polifenóis inibem essa reação (LEE *et al.*, 1982). A oxidação é influenciada principalmente por compostos fenólicos, muitas vezes prejudiciais ao processo de enraizamento, porém essenciais às funções fisiológicas das plantas, visto o importante papel de regular a oxidação do IAA, principal auxina encontrada naturalmente nas plantas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Com relação ao número de raízes/estaca (Tabela 4.3), o maior resultado foi verificado em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepa, com 7,66 raízes/estaca em média, não diferindo estatisticamente de estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, com 4,40 raízes/estaca. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, verificou-se que as concentrações de 1000 e 2000 mg L<sup>-1</sup> foram superiores as outras concentrações estudadas, com 8,18 e 7,99 raízes/estaca, respectivamente, diferindo estatisticamente das concentrações de 500 e 0 mg L<sup>-1</sup>, com 4,75 e 3,09 raízes/estaca.

Tabela 4.3 - Número de raízes em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]				
[IBA]	Brotações Epicórmicas	Brotações Epicórmicas	Médias	
mg L <sup>-1</sup>	de Decepas	de Galhos		
Número de raízes/estaca				
0	2,12	4,06	3,09	b
500	6,75	2,76	4,75	b
1000	12,25	4,10	8,18	a
1500	8,33	3,99	6,16	a b
2000	8,87	7,09	7,99	a
Médias	7,66 A	4,40 A		

**Coefficiente de variação = 62,46%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo não diferindo estatisticamente, é possível se notar uma superioridade nesta variável em favor das estacas provenientes de decepa, onde as diferenças morfológicas

relacionadas ao maior tamanho e diâmetro das estacas, anteriormente citadas como um possível limitante ao processo de enraizamento pode neste momento, favorecer o maior vigor verificado, refletindo em um sistema radicial com formação e desenvolvimento mais acelerado. Isso se deve ao fato de que em estacas maiores há uma maior quantidade de carboidratos de reserva essenciais ao processo de rizogênese. Rosse (1995), avaliando a capacidade de rebrota e enraizamento de estacas de clones de *Eucalyptus* spp., observou que o diâmetro e o comprimento dos brotos foi um dos fatores que influenciou a formação de raízes adventícias. Da mesma forma, Souza *et al.* (2009), trabalhando com estacas caulinares de *Toona ciliata*, observou que miniestacas provenientes de brotos maiores tendiam a gerar mudas com desenvolvimento mais acelerado em um mesmo período de avaliação.

Os resultados para o comprimento médio das três maiores raízes/estaca (Tabela 4.4) revelaram que estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos são superiores as provenientes de decepta nas concentrações de 0, 500 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 5,06 cm, 5,84 cm e 5,40 cm, respectivamente. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, tanto para estacas provenientes de decepta quanto de galhos, verificou-se não haver diferenças estatisticamente significativas entre as médias.

Tabela 4.4 - Comprimento médio das três maiores raízes em estacas provenientes de brotações epicórmicas de deceptas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]			
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Deceptas	Brotações Epicórmicas de Galhos	Médias
Comprimento médio de raízes/estaca			
0	2,20 a B	5,06 a A	3,63
500	2,71 a B	5,84 a A	4,28
1000	2,72 a A	4,17 a A	3,45
1500	2,86 a B	5,40 a A	4,14
2000	4,57 a A	3,30 a A	3,94
Médias	3,01	4,76	

**Coefficiente de variação = 34,40%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo não havendo diferenças estatísticas, foi possível observar entre as médias das concentrações de IBA para estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, uma tendência crescente do comprimento médio das três maiores raízes à medida que se aumentou a concentração de IBA aplicada. Tal fato evidencia uma concentração abaixo da ideal presente nas estacas, e conforme se aplicou concentrações maiores de IBA, estas aumentaram, refletindo em um melhor desenvolvimento do sistema radicial. O uso de reguladores vegetais, especificamente o ácido indol butírico (IBA), é aconselhável por estimular e acelerar o processo de formação de raízes adventícias (ONO; RODRIGUES, 1996), aumentando o índice de enraizamento, maior velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011). Resultados semelhantes foram verificados por Mayer *et al.* (2001), trabalhando com estacas de umezeiro, os quais puderam observar que a presença de IBA favoreceu um aumento do comprimento médio de raízes/estaca.

Para a porcentagem de estacas com calos (Tabela 4.5) foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos dois tipos de estacas utilizados, provenientes de brotações epicórmicas de decepta e de galhos de *Paulownia fortunei* var. *mikado* coletadas na primavera, sendo o melhor resultado observado em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, com 27,50%. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> apresentou média de 34,37% de estacas com calos.

Os índices de formação de calos foram visivelmente maiores em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, o que pode conotar a menor juvenilidade do material em questão, quando comparado às estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, fato comprovado por meio de análises anatômicas dos dois materiais (Figura 4.6). De acordo com Hartmann *et al.* (2011), estacas provenientes de plantas ou ramos mais jovens tendem a um melhor enraizamento e uma diminuição na formação de calos.

Para estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos pode-se observar que conforme se ampliaram as concentrações de IBA aplicadas, o índice de formação de calos diminuía, até a sua inexistência. Estes resultados podem estar atrelados ao fato de que concentrações abaixo do nível crítico tendem a não serem eficazes, levando a uma maior formação de calos e consequentemente concentrações mais próximas ao ideal tendem a ampliar a formação de raízes e diminuir esta formação de calos. No entanto, não significa que estas concentrações de IBA, se ampliadas de forma exagerada resultem em menores índices de formação de calos e maiores índices de formação de raízes, pois concentrações

supra-ótimas podem gerar impedimentos à emissão de raízes por causarem fitotoxidade à estaca, podendo ocorrer necrose da base ou até de toda a estaca (ONO; RODRIGUES, 1996).

Tabela 4.5 - Porcentagem de calos em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]			
[IBA]	Brotações Epicórmicas	Brotações Epicórmicas	Médias
mg L <sup>-1</sup>	de Decepas	de Galhos	
Porcentagem de estacas com calos			
0	28,12	9,37	18,75 a
500	34,37	6,25	20,31 a
1000	31,25	0,00	15,62 a
1500	21,87	0,00	10,94 a
2000	21,87	0,00	10,94 a
Médias	27,50 A	3,12 B	

**Coefficiente de variação = 55,98%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disto, as estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos foram também responsáveis pelos melhores índices de enraizamento em comparação as provenientes de decepa, evidenciando o fato de que esta diferenciação do tecido da base das estacas para a formação de calos não resulta em desdiferenciação para formação de raízes adventícias, sendo as raízes geradas, possivelmente de forma direta.

Com relação à sobrevivência de estacas de *P. fortunei* (Tabela 4.6) foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos dois tipos de estacas utilizados, sendo o melhor resultado observado em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepa, com 13,75% de estacas vivas. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA, sendo que os tratamentos com 0 e 1000 mg L<sup>-1</sup>, apresentaram média de 10,94% de estacas vivas.

Estes maiores índices de sobrevivência verificados em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepa, podem refletir as maiores quantidades de carboidratos presentes neste tipo de estaca em comparação a estacas provenientes de brotações epicórmicas

de galhos, associados ao eficiente controle das condições ambientais dentro da casa de vegetação, mantendo as estacas vivas por todo o período do experimento.

Tabela 4.6 - Porcentagem de sobrevivência em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]				
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Decepas	Brotações Epicórmicas de Galhos	Médias	
Porcentagem de sobrevivência				
0	21,87	0,00	10,94	a
500	9,37	6,25	7,81	a
1000	12,5	9,37	10,94	a
1500	15,62	3,12	9,37	a
2000	9,37	6,25	7,81	a
Médias	13,75 A	5,00 B		
Coeficiente de variação = 111,04 %				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Nicoloso *et al.* (1999), um fator que pode afetar consideravelmente a sobrevivência de estacas diz respeito a limitação nas quantidade de reserva de nutrientes orgânicos e inorgânicos presente nos tecidos das mesmas, ou seja, estacas proporcionalmente menores tendem a reter menores quantidades destes nutrientes.

Para a variável mortalidade de estacas de *P. fortunei* foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos dois tipos de estacas utilizados, sendo o maior resultado observado em estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, com 33,75% de estacas mortas. Não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA, sendo que o tratamento com 1000 mg L<sup>-1</sup> apresentou média de 40,62% de estacas mortas (Tabela 4.7).

Estes resultados reforçam a tese de que as maiores taxas de sobrevivência em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepa, devem-se às maiores concentrações de carboidratos e substâncias armazenadas nas estacas, pois em estacas provenientes de galhos, aquelas que não emitiram raízes adventícias em sua maioria morreram, sendo que poucas



destas mantiveram-se vivas em casa de vegetação até o final do experimento, diferentemente de estacas provenientes de decepta, onde uma grande parcela sobreviveu até o final do experimento.

Tabela 4.7 - Porcentagem de mortalidade em estacas provenientes de brotações epicórmicas de deceptas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]			
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Decepas	Brotações Epicórmicas de Galhos	Médias
Porcentagem de mortalidade			
0	21,87	31,25	26,56 a
500	21,87	31,25	26,56 a
1000	15,62	40,62	28,12 a
1500	15,62	28,12	21,87 a
2000	12,50	37,50	25,00 a
Médias	17,50 B	33,75 A	
Coeficiente de variação = 41,26%			

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outro fator que pode ter favorecido a mortalidade das estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, diz respeito ao efeito guarda-chuva, onde a presença de folhas, por impedir que a água chegue ao substrato, pode ter gerado um estresse hídrico nas estacas levando à mortalidade precoce das mesmas, principalmente durante os primeiros cinco dias de instalação, a partir do qual se iniciou a queda das folhas.

Já para estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos, estas com menor grau de lignificação dos tecidos, possivelmente tiveram sua sobrevivência em casa de vegetação afetada pelo aumento da taxa de transpiração, resultando em uma maior desidratação dos tecidos e consequente degradação das reservas da estaca, mesmo com nebulização intermitente. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), o período de coleta das estacas pode influenciar diretamente na sobrevivência das estacas, ou seja, estacas coletadas em períodos de maior desenvolvimento vegetativo como a primavera, no caso deste experimento, apresentam-se menos lignificadas, o que de certa forma favorece o processo de

rizogênese, entretanto, aumenta a desidratação e conseqüentemente favorece a mortalidade das estacas.

Os resultados para a manutenção de folhas em estacas de *P. fortunei* revelaram que estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos são superiores às provenientes de decepta na concentração de 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 15,62% de estacas com folhas ao final do experimento. Já as estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta foram estatisticamente superiores na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 12,50% de manutenção de folhas. Entre as médias das concentrações de IBA estudadas, em estacas provenientes de decepta o melhor resultado foi observado na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 12,50%, diferindo estatisticamente das concentrações de 0, 1000 e 1500 mg L<sup>-1</sup> de IBA. Já em estacas provenientes de galhos, o melhor resultado foi observado na concentração de 0 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 15,62%, diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Porcentagem de manutenção de folhas em estacas provenientes de brotações epicórmicas de deceptas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]								
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Decepas			Brotações Epicórmicas de Galhos			Médias	
Manutenção de folhas em estacas								
0	3,12	b	B	15,62	a	A	9,37	
500	12,50	a	A	0,00	b	B	6,25	
1000	3,12	b	A	3,12	b	A	3,12	
1500	3,12	b	A	0,00	b	A	1,56	
2000	6,25	a	b	A	0,00	b	A	3,12
Médias	5,62			3,75				

**Coefficiente de variação = 93,82%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foi verificado em ambos os tipos de estacas que as folhas, a partir de um determinado momento, iniciaram sua queda natural, restando ao final do período de experimento uma pequena porcentagem de estacas com pelo menos uma das folhas originais. No entanto,

observou-se que o início da queda das folhas se deu uma semana após a instalação dos experimentos, e este processo prolongou-se até a avaliação final, ou seja, 60 dias após a instalação. Tal fato conota a importância da manutenção das folhas nas estacas, mesmo que por um período limitado, favorecendo o processo de rizogênese por meio do fornecimento, principalmente, de carboidrato e hormônios. Os carboidratos produzidos são importantes na sobrevivência da estaca, garantindo melhores condições fisiológicas no processo de enraizamento. Existem diversos hormônios produzidos nas folhas, entre os quais se destacam as auxinas, que são transportadas para a base da estaca devido ao movimento polar, o qual é imprescindível no sucesso de enraizamento (XAVIER *et al.*, 2009).

Em geral, a manutenção das folhas está relacionada ao início do processo de formação de raízes, onde todos os metabólitos sintetizados ainda na planta matriz podem ser transportados para a região de enraizamento após a confecção das estacas, além da função regulatória do estado hídrico das mesmas (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Outro fato verificado foi que todas as estacas que apresentavam folhas ao final do experimento, em ambos os tipos de estacas, apresentaram boa formação do sistema radicial, entretanto, não apresentavam a formação de brotos nas gemas laterais. De acordo com Fachinello *et al.* (2005), existem diversas substâncias além dos hormônios, que ocorrem naturalmente nas plantas e podem atuar sinergicamente com as auxinas, estas são denominadas co-fatores de enraizamento.

Para a variável porcentagem de estacas brotadas de *P. fortunei* (Tabela 4.9), não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tipos de estaca analisados, sendo o maior resultado verificado em estacas provenientes de galhos. Também não houve diferenças significativas entre as médias das diferentes concentrações de IBA aplicadas, sendo que o tratamento com 500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, com 60,94% de estacas brotadas.

Apesar de não apresentarem diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, é possível verificar que houve uma grande porcentagem de emissão de brotos em ambos os tipos de estacas, comprovando o fato de que, de uma maneira geral, todas as estacas que perderam suas folhas, conseqüentemente emitiram brotações laterais. Tal fato se deve a possível quebra da dominância apical exercida pela manutenção das folhas, sendo esta, superada pela queda e representada pela emissão dos brotos na sequencia. Pio *et al.* (2005), trabalhando com estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) verificaram que a ausência de folhas nas estacas, ou mesmo a queda das folhas durante o processo de enraizamento, fez com que

houvesse um estímulo à emissão de brotações pelas gemas axilares localizadas na base do pecíolo das folhas, outrora dormentes.

Tabela 4.9 - Porcentagem de emissão de brotos em estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepas e de galhos de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas na primavera/2011, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA).

[TIPOS DE ESTACAS]			
[IBA] mg L <sup>-1</sup>	Brotações Epicórmicas de Decepas	Brotações Epicórmicas de Galhos	Médias
Porcentagem de estacas brotadas			
0	40,62	68,75	54,68 a
500	59,37	62,50	60,94 a
1000	50,00	46,87	48,44 a
1500	43,75	68,75	56,25 a
2000	53,12	56,25	54,69 a
Médias	49,37 A	60,62 A	

**Coeficiente de variação = 33,45%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 6.4 ANÁLISES ANATÔMICAS

Analizando as secções da base de estacas caulinares semilenhosas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas (Figura 4.4 - A, B), e de brotações epicórmicas de galhos em casa de vegetação (Figura 4.4 - C, D) de *Paulownia fortunei* var. *mikado* coletadas na estação da primavera/2011, foram verificadas diferenças visíveis entre os materiais.

Os materiais encontram-se em crescimento secundário, sendo que as estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos apresentam maior juvenilidade de seus tecidos em comparação as estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta. Nos dois materiais, verificou-se a presença de epiderme multisseriada; sendo que em material proveniente de decepta, foi verificada a presença de regiões com início de instalação do felogênio na camada subepidérmica (Figura 4.4 - B, D).

No material proveniente de decepta, o córtex é composto externamente por sete a nove camadas de colênquima e internamente por 12 camadas de parênquima, enquanto o material proveniente de galhos apresenta uma região cortical mais estreita, com seis camadas de colênquima e oito de parênquima. Ainda na região cortical, ambos apresentam feixes de fibras dispostos em um anel descontínuo (Figura 4.4 - B, D). No entanto, o material proveniente de decepta apresenta um maior grau de lignificação destas células, com parede mais espessas e lúmen consideravelmente menor. No material proveniente de galhos, estes feixes de fibras se apresentam ainda sem espessamento e lignificação de paredes.

O floema secundário é contínuo, em ambos os tipos de estacas, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima. A faixa cambial é formada por várias camadas de células indiferenciadas, sendo possível evidenciar no material proveniente de decepta uma quantidade maior de vasos em formação, quando comparado ao material proveniente de galhos. No xilema, pode-se verificar a existência de raios parenquimáticos, com 2, 3 ou 4 fileiras de células, apresentando vasos em sua maioria isolados ou agrupados radialmente, com parênquima paratraqueal e fibras (Figura 4.4 - C, D).

A medula apresenta-se composta por parênquima nas estacas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, e parcialmente desintegrada, formando uma fistula ou lacuna nas estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos (Figura 4.4 - A, C). Não

foi evidenciada a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, no material analisado.

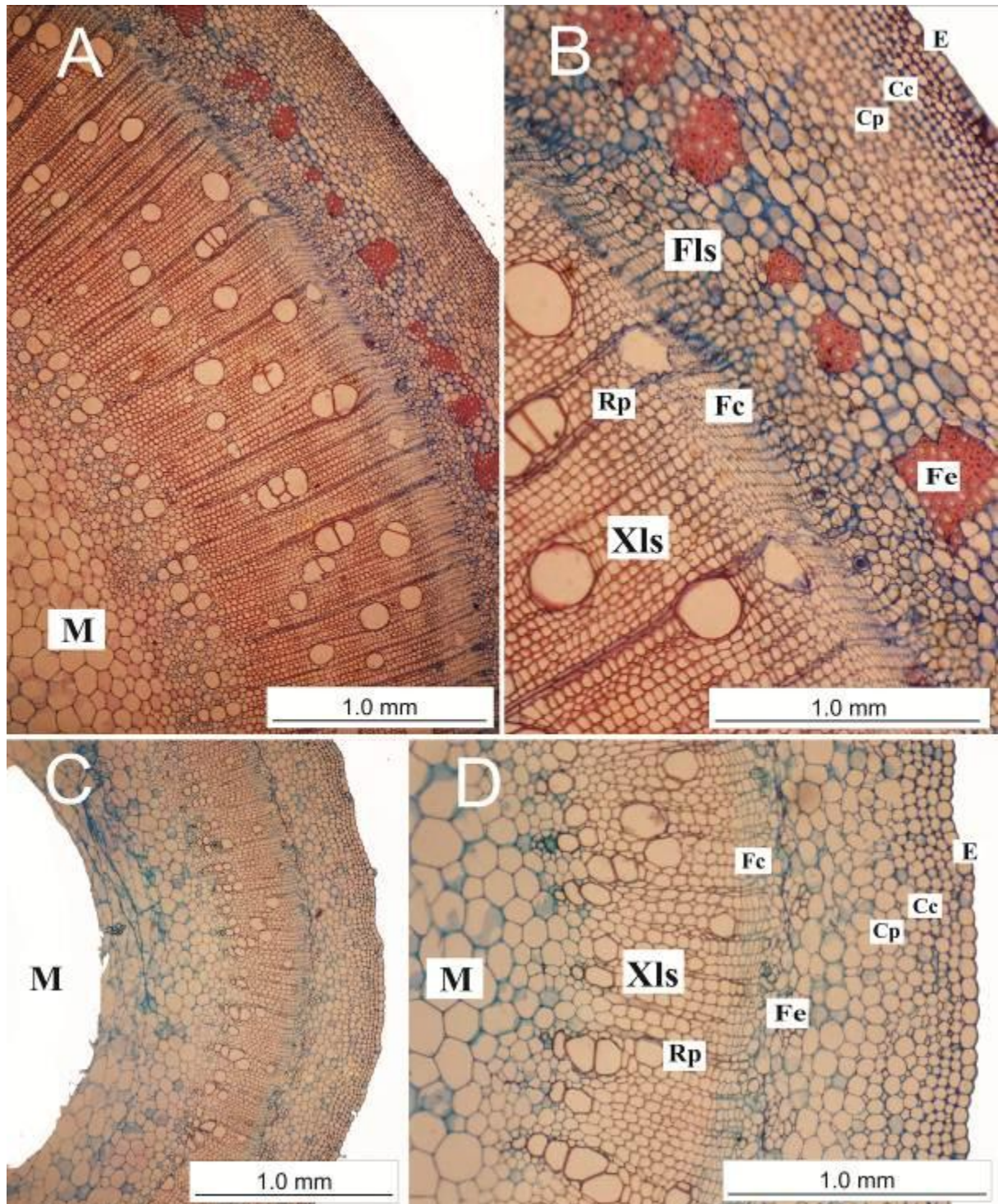


Figura 4.4 - Secções transversais de estacas caulinares semilenhosas, provenientes de brotações epicórmicas de decepta (A e B) e brotações epicórmicas de galhos (C e D) de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. **A.** Vista geral do corte transversal: Medula (M); **B.** Epiderme (E), Células colenquimáticas (Cc), Células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras (Fe), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), Xilema secundário (Xls), Raios parenquimáticos (Rp); **C.** Vista geral do corte transversal: Medula (M); **D.** Epiderme (E), Células colenquimáticas (Cc), Células parenquimáticas (Cp), Feixes de fibras (Fe), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), Raios parenquimáticos (Rp), Xilema secundário (Xls), Medula (M).

## 6.5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

- ✓ O uso de estacas provenientes de brotações epicórmicas de galhos destacados é mais indicado para o enraizamento de *Paulownia fortunei* var. *mikado* em relação ao de brotações de decepta;
- ✓ Não se verificou efeito positivo das concentrações de ácido indol butírico (IBA) na indução de raízes adventícias;
- ✓ Não foram observadas influências das diferenças anatômicas verificadas sobre a formação de brotos e emissão de novas raízes em estacas de quiri.



## REFERENCIAS

ALFENAS, A. C. *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV. 2004.

BERGMANN, B. A.; MOON, H. K. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. **Plant Cell Reports**. v. 16, p. 315-319, 1997.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suec., Royal paulownia. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, p. 572-573, 1974.

BONNER, F. T. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud., Royal paulownia. In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Coords). **Silvics of North America**. v. 2, Hardwoods. Agric. Handbk. 654. Washington, DC: USDA Forest Service, 1990. p. 501-502.

BORGES JÚNIOR, N. *et al.* Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, jul./ago. 2004.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005, 221 p.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 22p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc94.pdf>>. Acesso em: 27/02/2012.

FERRIANI, A. P. **Miniestaquia e quantificação de polifenóis em *Piptocarpha angustifolia* dusén ex. Malme**. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

HARTMANN, H. T. *et al.* **Hartmann and Kerster's PLANT PROPAGATION: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KUMAR, M. B.; BARKER, R. E.; REED, B. M.: Morphological and molecular analysis of genetic stability in micropropagated *Fragaria* x *Ananassa* cv. Pocahontas. In: *Vitro Cellular & Developmental Biology*. **Plant**, v. 35 p. 254-258, 1999.

LEE, T. T.; STARRATT, A. N.; JEVNIKAR, J. J. Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid by phenols: structure-activity relationships. **Phytochemistry**, v.21, n.3, p.517-523, 1982.

LOVELL, J.; WHITE, P. H. Anatomical changes during adventitious root formation. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, p. 111-140, 1986.

MAYER, N. A. *et al.* Propagação do umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) por estaquia herbácea. **Rev. Bras. de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p. 673-676, 2001.

NICOLOSO, F.T.; FORTUNATO, R.P.; FOGAÇA, M.A.F. Influencia da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen em dois substratos. **Ciência Rural**, v.29, n.2, p.277-283, 1999.

OLIVEIRA, M. C. *et al.* **Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria**. Recomendação Técnica 41. Brasília: Embrapa, 2001. 4 p.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PIO, R. *et al.* Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indol butírico. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 562-567, maio/jun., 2005.

ROSSE, L. N. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos da capacidade de rebrotamento e do enraizamento de estacas em clones de *Eucalyptus spp.*** 1995. 77f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SEITZ, R. **A poda de árvores urbanas**. Curitiba. 1996. 41p. (Série técnica FUPEF, 19).

SOUZA, J.C.A.V. *et al.* Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado e espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.8, n.1, p.187- 194, 2001.

WENDLING, I., XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de Eucalyptus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. **Paulownia in china: Cultivation and utilization**. Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17/03/2012.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia**: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39 p.

## 7. CAPÍTULO V: BROTAMENTO DE ESTACAS DE RAIZ DE QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*) PELA APLICAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE 6-BENZILOAMINOPURINA (BAP) EM DIFERENTES ESTAÇÕES

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a emissão de brotações em estacas de raízes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, nas estações do inverno/2011 primavera/2011 e verão/2012. Foram preparadas estacas lenhosas com cerca de 5 cm, com um corte em bisel na base e reto na parte superior. Tratou-se a parte superior das estacas com regulador vegetal 6-benziloaminopurina (BAP) veiculado em pasta de vaselina, nas concentrações de 0, 150, 300, 450 mg Kg<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado em caixas de polipropileno de 16 litros, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 2 cm de profundidade na diagonal, posteriormente acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente. Após 90 dias foram avaliadas a porcentagem de emissão de brotos/estaca, o número e comprimento de brotos/estaca, a porcentagem de emissão de novas raízes/estaca, o número e comprimento de raízes/estaca, a porcentagem de estacas com calos e a mortalidade. Os resultados encontrados mostraram não haver diferenças significativas entre as diferentes estações de coleta e concentrações de BAP estudadas, com a maior emissão de brotos no verão (11,25%) e a testemunha (0 mg L<sup>-1</sup> BAP) apresentou o maior valor (13,75%), quando comparada às demais concentrações utilizadas. A emissão de novas raízes não apresentou diferenças significativas entre as diferentes estações e concentrações de BAP, com maiores valores na ordem de 10,62% no verão e 15% sem a aplicação de BAP. Desta forma, a utilização de BAP não se mostrou eficiente para indução de brotos adventícios. Não foram verificadas barreiras anatômicas a emissão de novos brotos e raízes em estacas de raiz de *P. fortunei*.

**Palavras-chave:** estaquia, brotamento, lenhosas, citocininas.

**BUDDING OF STAKES OF ROOT QUIRI (*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl.  
var. *Mikado*) BY THE APPLICATION OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF  
6-BENZILOAMINOPURINA (BAP) IN DIFFERENT SEASONS**

**ABSTRACT**

This current study aims to evaluate the emission of shoots in cuttings of roots of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* in winter and spring of 2011 and summer of 2012. There had been prepared woody cuttings with about 5 cm, with a bevel cut at the bottom and a straight cut at the top. The upper part of cuttings had been treated with the plant regulator 6-benzylaminopurine (BAP) conveyed in vaseline paste, at concentrations of 0, 150, 300, 450 mg kg<sup>-1</sup>. The planting had taken place in polypropylene boxes of 16 liters, filled with average particle size of vermiculite and carbonized rice hull (1:1 v/v), and the cuttings being planted about 2 cm deep diagonally, and further accommodated in a heated greenhouse with intermittent nebulization. After 90 days, there have been evaluated the emission percentage of shoots/cutting, the number and length of shoots/cutting, the emission percentage of new roots/cutting, the number and length of roots/cutting, the percentage of cuttings with callus and mortality. The results have shown no significant differences among the different sampling stations and the studied BAP concentrations, with the largest emission of shoots in the summer (11.25%) and the witness control (0 mg L<sup>-1</sup> BAP) has shown the highest value (13.75%) when compared to the other concentrations that were used. The emission of new roots had not indicated significant differences among the different seasons and BAP concentrations, with higher values of approximately 10.62% in the summer and 15% without the application of BAP. Therefore, the use of BAP has not performed effectively for inducing adventitious shoots. There have not been verified anatomical barriers to the emission of new shoots and roots in root cuttings of *P. fortunei*.

**Keywords:** cutting, shoots, woody, cytokinins.

## 7.1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente parte de plantas (células, tecidos, órgãos), de modo a gerar indivíduos geneticamente idênticos à planta matriz, não ocorrendo desta forma a recombinação gênica (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001; FERRARI *et al.*, 2004; HARTMANN *et al.*, 2011). Tem como principais vantagens a possibilidade de fixação de genótipos selecionados, alcance de populações uniformes, facilidade de propagação, antecipação do período de florescimento, combinação de mais de um genótipo numa planta matriz e o maior controle nas fases de desenvolvimento (HARTMANN *et al.*, 2011).

O princípio da propagação assexuada por estaquia consiste em promover o enraizamento adventício de segmentos destacados da planta matriz que, sendo submetidos a condições favoráveis, originam uma nova planta completa. Os segmentos utilizados para fins de propagação são denominados estacas (FACHINELLO *et al.*, 1994; HARTMANN *et al.*, 2011). Estas podem ser confeccionadas a partir de hastes como caules, ramos, folhas ou mesmo raízes, variando o tipo de material a ser empregado na confecção das mesmas, de acordo com a espécie estudada (WENDLING *et al.*, 2002).

O uso de secções de raízes na estaquia tem sido uma técnica usual para a propagação vegetativa de espécies que apresentam, de alguma forma, dificuldades no enraizamento de estacas caulinares (BIASI *et al.*, 2004). Consiste basicamente na multiplicação de segmentos de raízes destacados da planta matriz, que em condições favoráveis, produzem raízes adventícias e emitem brotações que formarão a nova muda.

Um fator preponderante no uso desta técnica está associado às concentrações endógenas de auxinas/citocininas onde, em geral, níveis altos de auxinas e baixos de citocininas podem favorecer a formação de raízes adventícias, e níveis baixos de auxinas e altos de citocininas podem favorecer a formação de brotos adventícios. Estacas de espécies com altos níveis endógenos de citocininas têm mais dificuldade para enraizar do que aquelas com baixos níveis, gerando uma maior capacidade de desenvolvimento de gemas laterais. Esta técnica pode ser realizada em qualquer estação do ano; entretanto, pode ser favorecida pelo provimento de reservas acumuladas nas raízes nos meses mais frios, sendo, portanto, a época mais favorável o fim do inverno e o início da primavera (HARTMANN *et al.*, 2011).

As citocininas formam o grupo de reguladores vegetais responsáveis pela divisão e diferenciação celular, sendo largamente utilizados em cultura de tecidos, onde são indispensáveis na composição do meio de cultura para que haja um bom desenvolvimento de gemas neoformadas (FORNI, 1993). Entre as citocininas comercialmente disponíveis, a 6-benzilaminopurina (BAP) é a que, em geral, apresenta melhores resultados (SILVA *et al.*, 2008), este com ação comprovada na emissão de novas brotações em anelamento de caule em erva mate (BITENCOURT, 2009) e *Eucalyptus* (RIBEIRO *et al.*, 1992).

Pertencente à família Scrophulariaceae, *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado* é originária do leste da Ásia, é popularmente conhecida como quiri (BONNER; BURTON, 1974; ZHU *et al.*, 1986; SALOMÃO *et al.*, 2004). Sua introdução no Brasil data de meados do século XX, sendo inicialmente propagada por sementes e logo em seguida por pedaços de raízes, denominados toletes onde, em condições naturais, resultavam em bons índices de formações de mudas (MURAIAMA; SAKAMOTO, 1976). O quiri apresenta madeira leve e de boa resistência, podendo ser utilizado como espécie forrageira, medicinal, ornamental, melífera, ou ainda na fabricação de instrumentos musicais, laminados, compensados, molduras e especialmente móveis (EMBRAPA FLORESTAS, 2004). Não se tem registros de um protocolo específico para o gênero *Paulownia* que trate de sua propagação por via assexuada.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a formação de brotos e raízes em estacas provenientes de raízes de *Paulownia fortunei* var. *mikado*., coletadas em três estações do ano, com a aplicação de 6-benzilaminopurina (BAP) em diferentes concentrações, bem como verificar a possível existência de barreiras físicas e químicas à emissão de brotos e raízes adventícias.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, em Colombo - PR.

A coleta do material vegetativo de *Paulownia fortunei* var. *mikado* foi realizada em propriedade rural pertencente ao senhor Nilvo José Mees, localizada na comunidade de Chapadão Nova Itália, município de Aurora - SC, sob as coordenadas 27°23'28.57"S e 49°38'43.30"W. O clima é caracterizado como subtropical (mesotérmico úmido com verões quentes), segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual entre 18-19 °C, precipitação anual entre de 1300-1500 mm, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Raízes de *P. fortunei* foram coletadas em três estações do ano, provenientes de 10 plantas matrizes com aproximadamente 27 anos de idade e 60-80 cm de diâmetro a altura do peito (dap), sendo realizadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012. Uma amostra da espécie foi devidamente preservada e depositada no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná sob o número de registro UPCB 73379.

Após a coleta a campo (Figura 5.1 - B), as raízes foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para ambiente coberto, sendo lavadas para retirar o excesso de terra e confeccionadas estacas lenhosas com 5 cm de comprimento e diâmetro entre 8-15 mm, com corte em bisel na base e corte reto na extremidade superior (Figura 5.1 - D).

Durante o processo de confecção, as estacas foram mantidas em balde com água a fim de evitar desidratação do material. Depois de confeccionadas, as estacas foram envoltas em papel umedecido e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sendo transportadas para as dependências da Embrapa Florestas, em Colombo-PR.

No Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, as estacas foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos (ação bactericida), sendo posteriormente lavadas em água corrente por 10 minutos. Em seguida, a base das estacas foi tratada com Benlate® 0,1% por 10 minutos (ação fungicida). As estacas foram tratadas na parte superior com regulador vegetal 6-benziloaminopurina (BAP) veiculado em pasta de vaselina (Figura 5.1-E), conforme os seguintes tratamentos (T):

T1: 0 mg Kg<sup>-1</sup> BAP (testemunha);

T2: 150 mg Kg<sup>-1</sup> BAP;



T3: 300 mg Kg<sup>-1</sup> BAP;

T4: 450 mg Kg<sup>-1</sup> BAP.

As estacas do tratamento T1 (0 mg Kg<sup>-1</sup>) foram pinceladas com pasta de vaselina sem adição de regulador vegetal. A citocinina 6-benziloaminopurina utilizada foi P.A., do Laboratório Merck. O plantio das estacas foi realizado em caixas de polipropileno com capacidade de aproximadamente 16 litros de substrato, preenchidos com vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizada (1:1 em v/v), sendo as estacas plantadas a cerca de 2 cm de profundidade na diagonal, acondicionadas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24 °C ± 2 °C e umidade relativa do ar superior a 80%), pertencente a Embrapa Florestas, em Colombo - PR.

Transcorridos 90 dias da instalação dos experimentos, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Porcentagem de estacas brotadas (estacas vivas, com ou sem formação de raízes novas e calos, que apresentavam brotações de novas folhas);
- Número de brotos/estaca;
- Porcentagem de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes novas de pelo menos 2 mm de comprimento);
- Número de raízes novas/estaca;
- Comprimento das três maiores raízes novas/estaca (cm);
- Porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes novas, com formação de massa celular indiferenciada na base);
- Porcentagem de sobrevivência (estacas vivas que não apresentaram indução de raízes novas nem formação de calos);
- Porcentagem de mortalidade (estacas que se encontravam com tecidos necrosados).

Os experimentos foram implantados segundo delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x4 (3 estações do ano x 4 concentrações de BAP), com quatro repetições contendo 20 estacas por unidade experimental, totalizando 320 estacas por estação do ano e 960 estacas ao fim do experimento.

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

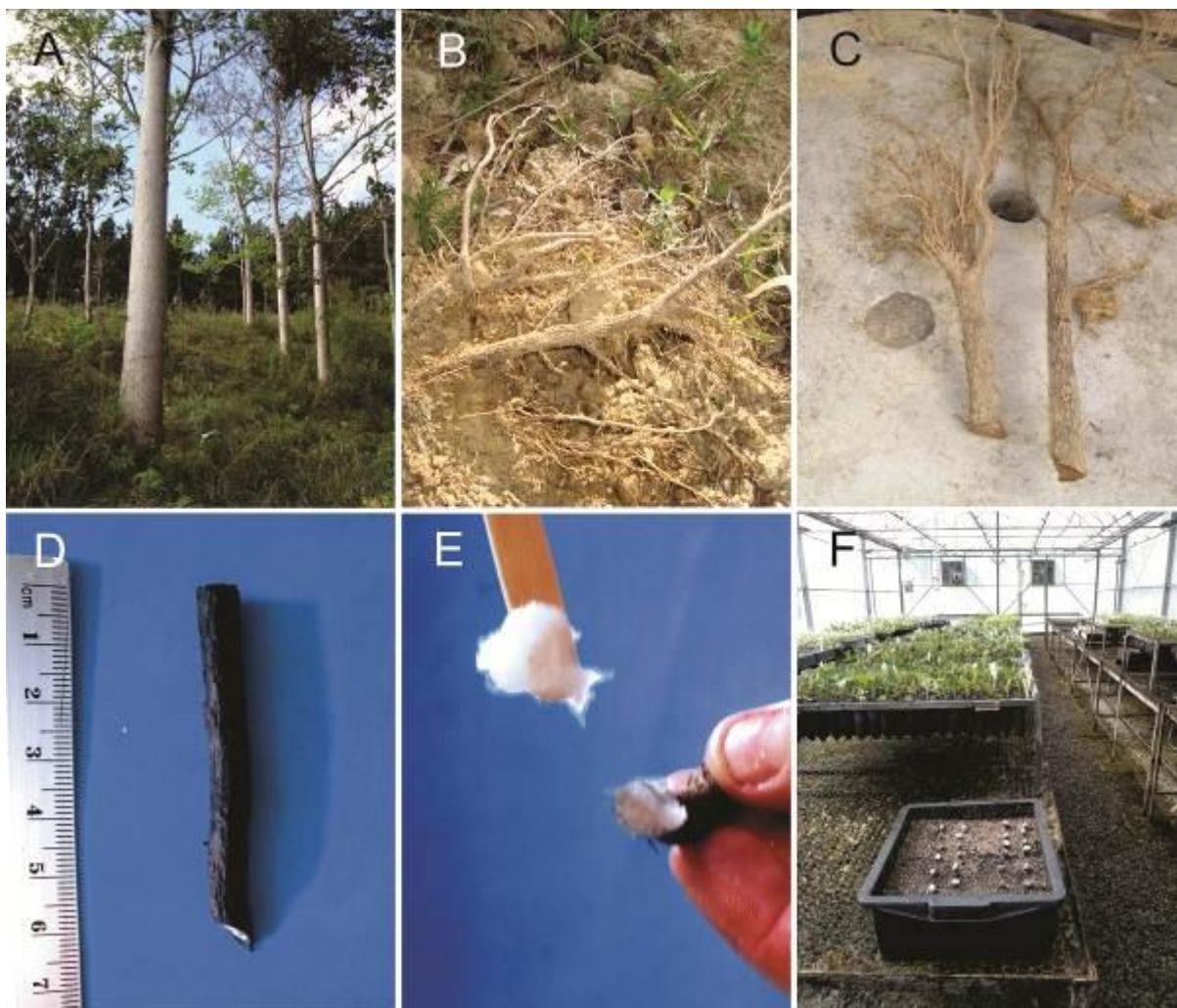


Figura 5.1 – Coleta de raízes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. **A.** Aspecto geral das plantas matrizes; **B.** Retirada das raízes do solo; **C.** Aspecto geral das raízes coletadas após a lavagem; **D.** Aspecto geral da estaca de raiz; **E.** Aplicação de 6-benzilaminopurina (BAP) na extremidade superior da estaca; **F.** Aspecto geral da instalação do experimento de estaquia de raiz em estufa da Embrapa Florestas, Colombo – PR.

### 7.2.1 ANÁLISES ANATÔMICAS

No momento de instalação dos experimentos, foram coletadas amostras da base das estacas com cerca de 2 cm de comprimento, as quais foram colocadas em FAA70 por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em álcool 70% até o início das atividades de confecção dos blocos e análises anatômicas, realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

O material previamente armazenado em álcool 70% foi seccionado em fragmentos de 1,0 cm e infiltrados em blocos com PEG (polietilenoglicol 1500). Estes blocos foram fixados em tutores de madeira e mantidos em geladeira por 24 horas. Posteriormente, os blocos foram seccionados em micrótomo de rotação (Olympus CUT 4055) com espessura de 15 µm.

Conforme foram confeccionados os cortes em forma de fita, estes foram submergidos em placas de petri com água destilada, para dissolução do PEG. Realizou-se então a seleção destes, visando a qualidade na confecção das lâminas, e estes foram submetidos a testes histoquímicos com lugol, para identificação de grãos de amido, cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos, e sudam III, para identificação de lipídios. Alguns cortes foram submetidos ainda a dupla coloração com safrablau (5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1%) para identificação de celulose e lignina.

Após estes procedimentos foram confeccionadas lâminas semi permanentes com a utilização de gelatina-glicerinada, e posterior vedação com esmalte incolor. Em seguida as lâminas foram analisadas e documentadas através de fotomicrografias em fotomicroscópio Zeiss com câmera digital Sony Cyber-shot P72 acoplada, realizadas no Laboratório de Ficologia - Departamento de Botânica, pertencente a UFPR, Curitiba - PR.

### **7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância para os dados coletados no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012 revelou não haver interação entre os fatores estações do ano e concentração de BAP aplicadas, atestando que os fatores são independentes. O fator estações do ano foi significativo para as variáveis número de brotos, comprimento médio dos três maiores brotos, estacas com calos e mortalidade de estacas, e o fator concentração de BAP foi significativo para as variáveis número de brotos, enraizamento, número de raízes, estacas com calos e mortalidade de estacas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Resultados da análise de variância para a porcentagem de emissão de brotos, número de brotos/estaca, comprimento médio dos três maiores brotos/estaca, porcentagem de enraizamento, número de raízes/estaca, comprimento médio das três maiores raízes/estaca, estacas com calos e mortalidade em estacas de raiz provenientes árvores adultas de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, tratadas com diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP), nas estações de inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

		Quadrado médio							
Fontes de variação	Grau de Liberdade	B	NB	CMB	E	NR	CMR	C	M
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Estações do ano	2	109,89 <sup>ns</sup>	1,25**	1,55 <sup>ns</sup>	84,90 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	54,04**	89,58**	348,44**
Concentrações BAP	3	100,00 <sup>ns</sup>	1,22**	6,40 <sup>ns</sup>	253,30**	8,23**	4,76 <sup>ns</sup>	231,94**	579,69*
Estações do ano x Concentrações BAP	6	47,40 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	62,67 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	9,92 <sup>ns</sup>	29,86 <sup>ns</sup>	73,44 <sup>ns</sup>
Erro	36	38,54	0,24	3,58	29,34	1,51	16,73	13,40	51,91
Total	47								
CV (%)		64,78	49,59	73,51	61,18	73,02	85,83	43,93	8,70
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		8,66 <sup>ns</sup>	17,82 <sup>ns</sup>	12,92 <sup>ns</sup>	7,79 <sup>ns</sup>	20,45 <sup>ns</sup>	25,65**	-	-

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

B: Estacas brotadas; NB: Número de brotos/estaca; CMB: Comprimento médio dos três maiores brotos/estaca; E: Estacas enraizadas; NR: Número de raízes/estaca; CMR: Comprimento médio das três maiores raízes/estaca; C: Estacas com calos; M: Mortalidade;

Não foram verificadas diferenças significativas entre as médias em nenhum dos fatores analisados para a variável porcentagem de emissão de brotos em estacas de *Paulownia fortunei* var. *mikado*. A maior média foi verificada na associação de estacas coletadas no verão e a ausência de BAP, com 16,25% de emissão de brotos (Tabela 5.2). Tais resultados podem estar atrelados ao tamanho das estacas utilizadas, neste caso, estacas de cinco cm podem não ter sido suficientemente satisfatórias para o processo de emissão de brotos.

Tabela 5.2 - Porcentagem de emissão de brotos em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Porcentagem de emissão de brotos</b>				
<b>0</b>	13,75	11,25	16,25	<b>13,75 a</b>
<b>150</b>	2,50	15,00	8,75	<b>8,75 a</b>
<b>300</b>	5,00	8,75	12,50	<b>8,75 a</b>
<b>450</b>	5,00	8,75	7,50	<b>7,08 a</b>
<b>Médias</b>	<b>6,56 A</b>	<b>10,93 A</b>	<b>11,25 A</b>	
<b>Coefficiente de variação = 64,78%</b>				

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Alguns trabalhos tem demonstrado a importância do diâmetro das estacas de raízes no brotamento adventício das mesmas. Trabalhando com *Prunus avium* L., Ghani & Cahalan (1991), verificaram a influência do diâmetro das estacas na capacidade de emissão de brotos em estacas de raízes, analisando a importância do diâmetro das estacas para uma boa brotação. Por outro lado, Santana (2010), em trabalho realizado com *Artocarpus altilis*, não verificou influência do diâmetro das estacas sobre o índice de velocidade e brotamento adventício das mesmas. Já Ky-Dembele *et al.* (2010), trabalhando com estacas de raiz de *Detarium micro-carpum*, verificaram que segmentos de raiz com um maior diâmetro apresentaram uma emissão maior de brotos, sendo estes também caracterizados por um maior vigor.

No presente trabalho, visto a grande variabilidade do material utilizado, comum em estacas de raízes, não foi possível padronizar o diâmetro das estacas; no entanto, este ficou

entre 8-15 mm de diâmetro, não sendo analisada a influência do mesmo como uma variável de interesse. Por meio de observações visuais, foi possível verificar que quanto maior o diâmetro das estacas (próximos a 15 mm) maiores foram às respostas ao brotamento das estacas.

As citocininas são sintetizadas nas raízes e transportadas por fluxo de massa por meio do xilema para os sítios de iniciação de gemas no caule, tendo como função o estímulo à brotação de gemas adventícias (PERES; KERBAUY, 2000). A aplicação de citocininas em estacas, geralmente leva ao crescimento e desenvolvimento das gemas dormentes, mesmo na presença de auxinas, interferindo, desta forma, diretamente na dominância apical das estacas. Na tentativa de induzir a brotação de gemas laterais em plantas de macadâmia, Boswell *et al.* (1981), aplicaram concentrações de citocinina que variaram de 50 a 400 mg L<sup>-1</sup> em 1 a 3 aplicações em intervalos semanais. Tal prática revelou-se favorável a quebra de dormência das gemas laterais, resultando em uma maior produção de ramos nesta espécie.

O brotamento em estacas, seja ela de origem caulinar ou de raízes, depende de uma diversidade de fatores, entre eles, o tipo de material, a espécie em questão, a idade da planta matriz, a variedade, tipo e sanidade da estaca utilizada e, principalmente, as condições ambientais para o enraizamento das mesmas (HARTMANN *et al.*, 2011).

Para a variável número de brotos em estacas de raízes de *Paulownia fortunei* var. *mikado* (Tabela 5.3) os melhores resultados foram observados na primavera e verão, com 1,3 e 1,09 brotos/estaca, respectivamente, diferindo estatisticamente apenas do inverno, com 0,74 brotos/estaca. Na comparação das médias das concentrações de BAP, a ausência de BAP, apresentou-se superior, com 1,45 brotos/estaca, diferindo estatisticamente das concentrações de 300 e 150 mg Kg<sup>-1</sup>, com 0,86 e 0,73 brotos/estaca, respectivamente.

Apesar de pouco expressivos, os resultados encontrados no presente experimento evidenciam as condições fisiológicas apresentadas pelas estacas nas diferentes estações de coleta, no inverno, onde a espécie em questão encontra-se em repouso vegetativo, verificou-se o menor número de emissão de brotos. Já na primavera e verão, onde é encontrado um vigor vegetativo intenso da espécie, observou-se maior número de brotos/estaca.

Para as concentrações de BAP aplicadas, pode-se verificar uma grande variação nos resultados, tendo a testemunha (0 mg Kg<sup>-1</sup>) apresentado resultados estatisticamente superiores a 150 e 300 mg Kg<sup>-1</sup> de citocinina. É possível que as estacas tenham apresentado concentrações endógenas de citocininas em níveis satisfatórios para a emissão de brotos. No entanto, com a aplicação de citocininas exógenas, estes podem ter causado um efeito de

fitotoxidade às estacas, prejudicando desta forma a emissão de brotos adventícios (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Número de brotos em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Número de brotos/estaca</b>				
<b>0</b>	1,35	1,94	1,06	<b>1,45 a</b>
<b>150</b>	0,25	1,19	0,75	<b>0,73 b</b>
<b>300</b>	0,62	0,92	1,05	<b>0,86 b</b>
<b>450</b>	0,75	1,15	1,50	<b>1,13 a b</b>
<b>Médias</b>	<b>0,74 B</b>	<b>1,30 A</b>	<b>1,09 AB</b>	

**Coefficiente de variação = 49,59%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento médio dos três maiores brotos em estacas de raízes de quiri, as maiores médias foram verificadas em estacas coletadas na primavera e inverno, com 2,75 cm, não diferindo estatisticamente entre si. Com relação às concentrações de BAP, a maior média foi verificada na ausência de BAP, com 3,58 cm, não diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - Comprimento médio dos três maiores brotos em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Comprimento médio de brotos/estaca</b>				
<b>0</b>	4,94	3,04	2,76	<b>3,58 a</b>
<b>150</b>	1,85	3,79	2,12	<b>2,58 a</b>
<b>300</b>	1,90	2,59	2,20	<b>2,23 a</b>
<b>450</b>	2,31	1,59	1,77	<b>1,89 a</b>
<b>Médias</b>	<b>2,75 A</b>	<b>2,75 A</b>	<b>2,21 A</b>	

**Coefficiente de variação = 73,51%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Com relação à variável porcentagem de emissão de novas raízes em estacas de *P. fortunei* (Tabela 5.5), verificou-se diferenças estatísticas apenas para o fator concentração de BAP, onde por meio da comparação de médias pôde-se observar que na testemunha ( $0 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) e  $150 \text{ mg Kg}^{-1}$ , a emissão de novas raízes foi superior, com 15% e 9,58%, respectivamente, diferindo estatisticamente das concentrações de 300 e  $450 \text{ mg Kg}^{-1}$ , com 6,25% e 4,58%, respectivamente. Já entre as estações do ano, não foram verificadas diferenças estatísticas, sendo que o maior resultado foi observado em estacas coletadas no verão, com 10,62%.

A melhor emissão de raízes verificada na ausência de BAP corrobora com os resultados observados para emissão de brotos, levando-se em conta que a 6-benziloaminopurina é uma citocinina sintética ativa, com uma importante função na divisão e diferenciação celular, sendo por isso amplamente usada na propagação “in vitro” de diversas espécies, adicionada a meios nutritivos, com o objetivo principal de promover o incremento de brotações (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1998).

Neste contexto, a baixa porcentagem de emissão de brotos nas estacas de raiz, pode ter prejudicado a emissão de novas raízes adventícias, uma vez que, em todas as estacas que emitiram brotações, apresentaram emissão de novas raízes. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), o enraizamento adventício em estacas pode estar relacionado à formação de brotos ou gemas laterais metabolicamente ativos, onde sua presença nos primeiros três a quatro dias após o plantio das estacas pode ser favorável à formação de raízes. No entanto, após dado período, sem a formação de raízes, sua presença pode tornar-se prejudicial, passando estes brotos a consumir as reservas energéticas das estacas para sua formação, onde em alguns casos, a remoção dos brotos pode levar à paralisação total do processo de enraizamento.

Foi possível observar no presente experimento que, à medida que se aumentou as concentrações de BAP aplicadas nas estacas, estas respondiam com uma diminuição nos índices de emissão de novas raízes. Isso leva a percepção de que a formação de raízes adventícias é normalmente favorecida por uma relação auxina/citocinina alta, e à medida que esta relação diminui há um favorecimento ao brotamento de gemas latentes. De acordo com Hartmann *et al.* (2011), espécies que possuem em sua constituição níveis elevados de citocininas apresentam, por consequência, uma dificuldade elevada para emissão de raízes adventícias em comparação àquelas com níveis menores de citocininas, o que varia de acordo

com a fase em que a iniciação se encontra e das concentrações do hormônio vegetal em questão.

Tabela 5.5 - Porcentagem de emissão de novas raízes em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Porcentagem de emissão de raízes</b>				
<b>0</b>	13,75	11,25	20,00	<b>15,00 a</b>
<b>150</b>	2,50	15,00	11,25	<b>9,58 a b</b>
<b>300</b>	5,00	8,75	5,00	<b>6,25 b</b>
<b>450</b>	3,75	3,75	6,25	<b>4,58 b</b>
<b>Médias</b>	<b>6,25 A</b>	<b>9,69 A</b>	<b>10,62 A</b>	

**Coefficiente de variação = 61,18%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Efeitos prejudiciais da aplicação de citocininas foram verificados em sementes de cafeeiro onde, por imersão em um período que variou de 1 a 30 horas, verificou-se um decréscimo na emissão de raízes secundárias proporcional ao aumento das concentrações de citocininas aplicadas (GUIMARÃES *et al.*, 1998). Da mesma forma, trabalhando com estacas lenhosas de videira, Kawai (1997), verificou que a aplicação de BAP nas estacas resultou em uma supressão quase por completa na emissão de raízes adventícias.

Para o número de raízes/estaca (Tabela 5.6) verificou-se diferenças estatísticas apenas para o fator concentração de BAP, onde se pôde observar que a ausência de BAP, apresentou resultado superior, com 2,82 raízes/estaca, diferindo estatisticamente das concentrações de 300 e 450 mg Kg<sup>-1</sup>, com 1,33 e 0,89 raízes/estaca, respectivamente. Já entre as estações do ano, não foram verificadas diferenças estatísticas, sendo que o maior resultado foi observado em estacas coletadas no inverno, com 1,89 raízes/estaca.

Da mesma forma que para a variável porcentagem de emissão de novas raízes, o número de raízes formadas/estaca, apresentou um decréscimo em seu índice à medida que se aumentou as concentrações de BAP, comprovando o efeito prejudicial do mesmo sobre esta variável, como dito anteriormente, causado pelo desbalanço da relação auxinas/citocininas.

Resultados semelhantes foram verificados por Rescarolli e Zaffari (2009), na produção de mudas de *Etlingera elatior* por micropropagação, onde os autores verificaram uma influência negativa do aumento da concentração de BAP no meio de cultura sobre o número de raízes emitidas.

Tabela 5.6 - Número de raízes/estaca em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
Número de raízes/estaca				
<b>0</b>	3,69	2,69	2,10	<b>2,82 a</b>
<b>150</b>	1,50	2,12	1,42	<b>1,68 a b</b>
<b>300</b>	1,37	1,75	0,87	<b>1,33 b</b>
<b>450</b>	1,00	0,75	0,92	<b>0,89 b</b>
<b>Médias</b>	<b>1,89 A</b>	<b>1,83 A</b>	<b>1,33 A</b>	

**Coefficiente de variação = 73,02%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao comprimento médio das três maiores raízes em estacas de raízes de *Paulownia fortunei* var. *mikado* o melhor resultado foi observado no verão, com 6,36 cm, diferindo estatisticamente somente do inverno, com 2,77 cm/estaca. Na comparação das médias das concentrações de BAP, não foram verificadas diferenças significativas, sendo o maior valor observado na concentração de 450 mg Kg<sup>-1</sup> (Tabela 5.7).

É possível observar um resultado superior nas estações de verão e primavera em comparação ao inverno. Tal fato pode estar atrelado às condições climáticas apresentadas nestas duas estações, principalmente no que se refere a uma maior atividade metabólica das estacas em períodos mais quentes do ano gerando, conseqüentemente, um maior desenvolvimento do sistema radicial das mesmas. De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o metabolismo das plantas é influenciado diretamente pela temperatura, de forma que, quanto mais elevada for a temperatura, mais aceleradas serão as reações químicas, o que no presente experimento pode ter causado um efeito favorável ao desenvolvimento radicial, refletindo nos melhores resultados para a variável comprimento médio das três maiores raízes em estacas coletadas no verão. Fachinello *et al.* (2005), afirmam ainda que temperaturas elevadas favorecem a divisão celular em estacas.

Tabela 5.7 - Comprimento médio das três maiores raízes em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Comprimento médio de raízes/estaca</b>				
<b>0</b>	3,53	3,51	5,28	<b>4,11 a</b>
<b>150</b>	0,80	6,97	5,48	<b>4,42 a</b>
<b>300</b>	2,40	5,15	8,20	<b>5,25 a</b>
<b>450</b>	4,36	5,37	6,47	<b>5,40 a</b>
<b>Médias</b>	<b>2,77 B</b>	<b>5,25 AB</b>	<b>6,36 A</b>	

**Coefficiente de variação = 85,83%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável porcentagem de estacas com calos em estacas de raízes de *Paulownia fortunei* var. *mikado*, foram verificadas diferenças significativas entre as médias das estações do ano analisadas, sendo os melhores resultados encontrados em estacas coletadas nas estações do verão e primavera, com 10% e 9,37%, respectivamente, diferindo estatisticamente de estacas coletadas no inverno (5,62%). Na comparação das médias das concentrações de BAP, as estacas tratadas com 300 mg Kg<sup>-1</sup> e 0 mg Kg<sup>-1</sup> apresentaram-se superiores, com 13,75% e 10% de estacas com calos, respectivamente, diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 5.8).

Para as concentrações de BAP, os melhores resultados estão nas concentrações de 0 e 300 mg L<sup>-1</sup>, identificando um efeito parcial desta citocinina na formação de calos; no entanto, nada que possa ser justificado por uma maior ou menor concentração da mesma. De acordo com Huetteman e Preece (1993), a presença de concentrações elevadas de citocininas, como BAP, no meio de cultura, tem como consequência a excessiva formação de calos em explantes de espécies lenhosas. No mesmo contexto, Soares (2003), em pesquisa com *Inga vera*, observou que à medida que se aumentou a concentração de BAP havia uma maior formação de calos nas estacas caulinares.

No que diz respeito à formação de calos, os resultados verificados no presente trabalho permitem inferir sobre a influência, positiva ou negativa, dos mesmos sobre a emissão de novas raízes em estacas de quiri, pois, mesmo as estacas que apresentavam a formação de calos, após dado período, tendiam à mortalidade, sem a emissão de raízes adventícias.

Tabela 5.8 - Porcentagem de calos em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Porcentagem de estacas com calos</b>				
<b>0</b>	8,75	10,00	11,25	<b>10,00 a</b>
<b>150</b>	5,00	7,50	3,75	<b>5,42 b</b>
<b>300</b>	7,50	15,00	18,75	<b>13,75 a</b>
<b>450</b>	1,25	5,00	6,25	<b>4,17 b</b>
<b>Médias</b>	<b>5,62 B</b>	<b>9,37 A</b>	<b>10,00 A</b>	

**Coefficiente de variação = 43,93%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação a mortalidade de estacas de raízes de *P. fortunei*, foram verificadas diferenças significativas entre as médias das estações do ano analisadas, sendo o maior índice encontrado em estacas coletadas no inverno com, 88,12%, diferindo estatisticamente das demais estações. Na comparação das médias das concentrações de BAP, as estacas tratadas com 450 mg Kg<sup>-1</sup> apresentaram-se superiores, com 91,25% de mortalidade, diferindo estatisticamente de 300 mg Kg<sup>-1</sup> de BAP e da testemunha (0 mg Kg<sup>-1</sup> de BAP), com 80% e 75% de estacas mortas, respectivamente (Tabela 5.9).

Estes resultados sugerem que o aumento das concentrações de BAP induziu o aumento da mortalidade de estacas de raízes de *P. fortunei*, o que parece estar relacionado a fitotoxicidade deste regulador nas estacas. Seus efeitos têm sido registrados em diversos trabalhos, nos quais há o relato de que o aumento das concentrações de reguladores vegetais aplicados em plantas podem provocar efeitos positivos até determinadas concentrações, a partir das quais, passam a exercer um efeito inibitório (FACHINELLO *et al.*, 1995), ou tóxico, como o observado em BAP (Tabela 5.9).

Uma maior mortalidade também foi verificada no inverno em relação às demais estações do ano estudadas, o que se deve possivelmente às baixas temperaturas registradas nesta estação, quando as matrizes de *P. fortunei* se encontram em dormência, diminuindo seu metabolismo e desfavorecendo seu brotamento adventício.

Tabela 5.9 - Porcentagem de mortalidade em estacas de raiz de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, coletadas no inverno/2011, primavera/2011 e verão/2012.

[BAP] mg Kg <sup>-1</sup>	[ESTAÇÕES DO ANO]			
	Inverno	Primavera	Verão	Médias
<b>Porcentagem de Mortalidade</b>				
<b>0</b>	77,50	78,75	68,75	<b>75,00</b> c
<b>150</b>	92,50	77,50	85,00	<b>85,00</b> a b
<b>300</b>	87,50	76,25	76,25	<b>80,00</b> b c
<b>450</b>	95,00	91,25	87,50	<b>91,25</b> a
<b>Médias</b>	<b>88,12 A</b>	<b>80,94 B</b>	<b>79,37 B</b>	

**Coeficiente de variação = 8,70%**

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 7.4 ANÁLISES ANATÔMICAS

Analizando as secções da base de estacas lenhosas provenientes de raízes de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. *mikado* coletadas nas estações do inverno/2011 (Figura 5.3 - A), primavera/2011 (Figura 5.3 - B) e verão/2012 (Figura 5.3 - C), verificou-se a existência de diferenças anatômicas importantes entre as estacas coletadas nas três estações do ano.

A raiz encontra-se em crescimento secundário, apresentando externamente uma camada pouco espessa de súber (Figura 5.2 - B), formado por células regulares, em geral de formato quadrangular, com organização e disposição homogêneas, com paredes delgadas, apresentando uma camada de súber visivelmente mais espessa no inverno.

O córtex se apresenta composto por células parenquimáticas, com variações quanto à espessura entre as diferentes estações. Ainda na região cortical são identificados grupos pequenos e esparsos de esclereídes (Figura 5.2 - D), com paredes secundárias espessadas e lignificadas. Foi evidenciada uma maior quantidade de esclereídes no material coletado no inverno.

O floema secundário é contínuo, formado por elementos de tubo crivado, células companheiras e parênquima, com a presença de raios parenquimáticos, apresentando-se em uma faixa estreita, sendo consideravelmente mais espesso na estação de outono. A faixa cambial apresenta-se pouco ativa, sendo visível uma maior atividade celular no verão e primavera em relação ao outono e inverno, representado pela maior quantidade de camadas de células nesta estação; entretanto, não ultrapassou seis camadas de células. Os raios parenquimáticos são formados por cerca de quatro fileiras de células (Figura 5.2 - B). O xilema secundário apresenta-se bem desenvolvido, composto por faixas alternadas, com células de paredes mais e menos espessas, sendo estas faixas visivelmente mais largas no verão e primavera em comparação ao outono e inverno (Figura 5.2 - B).

Não há existência de medula, entretanto, é visível a presença de raios medulares, bastante largos, compostos por até sete camadas de células, partindo de quatro polos do protoxilema (Figura 5.2 - D). Não foi evidenciada a presença de grãos de amido e compostos fenólicos, respectivamente, nas estacas nas diferentes épocas de coleta.

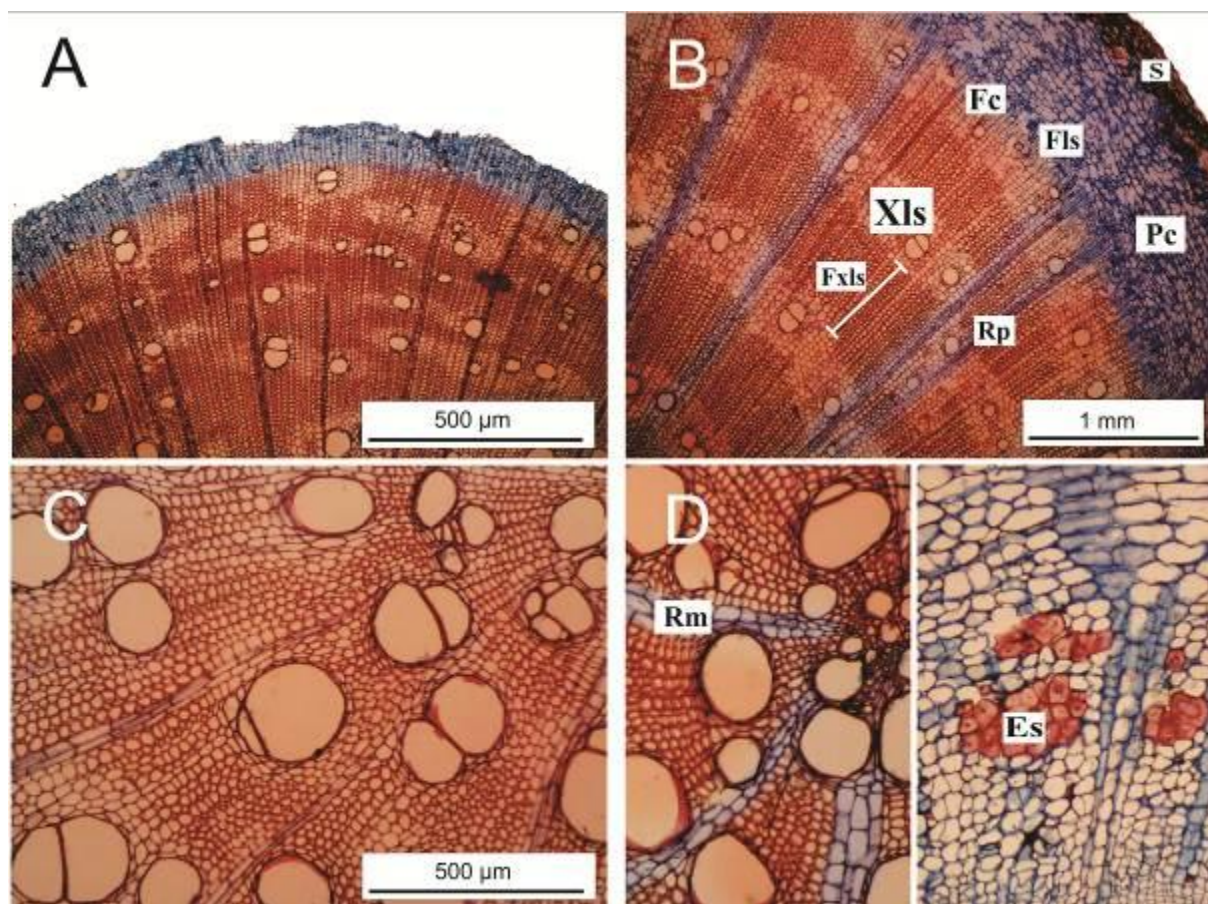


Figura 5.2 - Secções transversais de estacas caulinares lenhosas, provenientes de raízes de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. **A.** Vista geral do corte na estação do inverno; **B.** Vista geral do corte na estação da primavera: Suber (S), Parênquima cortical (Pc), Floema secundário (Fls), Faixa cambial (Fc), raios parenquimáticos (Rp), Faixas do xilema secundário (Fxls) e xilema secundário (Xls); **C.** Vista geral do corte na estação do verão; **D.** Corte evidenciando os raios medulares (Rm) e esclereídes (Es).



## 7.5 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que:

- ✓ As diferentes estações do ano e concentrações de BAP utilizadas não mostraram influência significativa na emissão de brotos e raízes em estacas de raízes de *Paulownia fortunei* var. *mikado*;
- ✓ Não foi observada influência das diferenças anatômicas verificadas sobre a formação de brotos e emissão de novas raízes em estacas de quiri.

## REFERÊNCIAS

BIASI, L. A.; *et al.* Cultivares de fruteiras de caroço. In: ONTEIRO, L. B.; *et al.* **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 05-32.

BITENCOURT, J. de. **Otimização do enraizamento de estacas de plantas adultas de erva-mate**. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2009.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Suec., Royal *paulownia*. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, 1974. p. 572-573.

BOSWELL, S.B., NAVER, E.M., STORER, W.B. Axillary buds sprouting in macadâmia induced by to cytokinins end a growth inhibitor. **HortScience**, v. 16, n.1, p. 46, 1981.

EMBRAPA FLORESTAS. SAC responde. <<http://www.cnpf.embrapa.br/novidades/folhaflorestas/16/sacresponde.html>>. Acesso: em 10/04/2004.

FACHINELLO, J.C., HOFFMAN, A., NACHTIGAL, J.C., *et al.* **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1994. 179 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.

FACHINELLO JC, HOFFMANN A & NACHTIGAL J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 22p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc94.pdf>>. Acesso em: 27/02/2012.

FORNI, P. C. Níveis de “MS”, BAP, número de gemas do explante e período de repicagem na produção de brotos, folhas e material seca e, níveis de 2,4-D e cinetina área tamanho e fenótipo de calos de *Coffea arábica* L. cv. Catuaí Vermelho ch 2077-2-5-44. 94 f. - Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

GHANI, A.; CAHALAN, C.M. Propagation of *Prunus avium* from root cuttings. **Forestry**, v. 64, n.4, p. 403-409, 1991.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. **Micropropagação**. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: SPI/Embrapa - CNPH, 1, p. 183-260. JUDD, W.S., C.S. 1998.

GUIMARÃES, R.J., *et al.* Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo nas germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n.3, p. 390-396, 1998.

HARTMANN, H. T. *et al.* **Hartmann and Kerster's plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HUETTEMAN, A.; PREECE, E. J. Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. **Plant Cell. Tiss. Org. Cult.**, v.33, p. 105-119, 1993.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KAWAI, Y. Effects of exogenous BAP, GA3 and ABA on endogenous auxin and rooting of grapevine hardwood cuttings. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.66, p. 93-98, 1997.

KY-DEMBELE, C. *et al.* Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. **Silva Fennica**, v. 44, n. 5, p. 775-786, Nov. 2010.

MURAIAMA, S. J. ; SAKAMOTO, N. **O fantástico quiri**. São Paulo: Nobel, 1976. 69 p.

PERES, L.E.P., KERBAUY, G.B. Controle hormonal do desenvolvimento das raízes. **Universa**, Brasília, v. 8, p.181-195, 2000.

RESCAROLLI, C.L.S.; ZAFFARI, G.R. Produção de mudas de *Etilingera elatior* (Jack) R.M. Sm. através da cultura de tecidos vegetais in vitro. **Rev. bras. plantas med.**, Botucatu, v.11, n.2, p. 190-195, 2009.

RIBEIRO, F. A. *et al.* Influência da anelagem e reguladores de crescimento na indução da brotação de cepas de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.3, p.247-254, 1992.

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I.; SKORUPA, L. A. **Efeitos de diferentes tratamentos sobre a germinação de *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*. (Scrophulariaceae).** CIRCULAR TÉCNICA, n. 30, Brasília: Embrapa, Junho, 2004.

SANTANA, H. V. de. **Propagação de fruta-pão a partir de estacas de raiz.** 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Agrárias - Fitotecnia) Centro De Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Cruz das Almas, 2010.

SILVA, G. M.; LAMEIRA, O. A.; NONATO, C. V. F. **Efeito do BAP no cescimento in vitro de brotos de acessos de *Psychotria ipecacuanha* - Rubiaceae.** VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

SOARES, G. de A. **Aspectos do cultivo in vitro do ingazeiro [*Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Penn. ].** 107 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas.** Documentos 79. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. ***Paulownia in china*: Cultivation and utilization.** Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17/03/2012.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia**: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39 p.

## 8. CONCLUSÕES GERAIS

Baseado nos resultados encontrados no presente trabalho com *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. var. *mikado*, foi possível concluir que:

- ✓ Na estaquia com estacas lenhosas proveniente de brotações do ano, com e sem folhas, a aplicação de diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) não promoveu a indução de raízes adventícias de quiri em nenhuma das estações do ano estudadas;
- ✓ Estacas caulinares semilenhosas provenientes de brotações epicórmicas de decepta de árvores adultas são indicadas para o enraizamento adventício, possuindo bom potencial para resgate de matrizes de quiri, principalmente nas estações da primavera e verão, sobretudo associadas a concentração de 2000 mg L<sup>-1</sup> de IBA;
- ✓ Miniestacas caulinares semilenhosas provenientes de minijardim são indicadas para o enraizamento adventício, com excelente potencial para propagação massal de quiri, sem a necessidade de aplicação de IBA;
- ✓ Estacas caulinares semilenhosas provenientes de brotações epicórmicas de galhos coletadas na primavera, são mais indicadas que aquelas provenientes de brotações epicórmicas de decepta, sendo desnecessária a aplicação de IBA para promoção de enraizamento adventício nesta estação;
- ✓ Na estaquia de raízes lenhosas provenientes de plantas adultas, a aplicação de diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP) não promoveu a indução de brotações adventícias de quiri em nenhuma das estações do ano estudadas;
- ✓ Por meio das análises anatômicas realizadas com os materiais fixados a partir da base de estacas em todos os experimentos realizados, pequenas diferenças anatômicas foram encontradas. Entretanto, não foram verificadas barreiras anatômicas ao enraizamento adventício em estacas caulinares e nem ao brotamento em estacas de raízes de *P. fortunei*.

## 9. REFERENCIAS

ALFENAS, A. C.; *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV. 2004.

ALI, N.; WESTWOOD, M. N. Juvenility as related to chemical content and rooting of stem cuttings of *Pyrus* species. **American Society for Horticultural Science**, v. 93, p. 77-82, 1968.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* f. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning Eucalyptus in large scale. In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2001, Valdivia. **Proceedings...** Valdivia: EMBRAPA/CNPq, 2001.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica da formação de raízes adventícias**. 2005. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BERGMANN, B. A. Propagation method influences first year field survival and growth of *Paulownia*. **New Forests**, v. 16, p. 251-264, 1998.

BERGMANN, B. A.; MOON, H. K. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. **Plant Cell Reports**. v. 16, p. 315-319, 1997.

BIASI, L. A.; *et al.* **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 05-32.

BONNER, F. T.; BURTON, J. D. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. Royal paulownia. In: SCHOPMEYER, C. S. (Coord). **Seeds of Woody plants in the United States**. Washington: USDA-Forest Service, 1974. p. 572-573.

BONNER, F. T. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Sieb. & Zucc. ex Steud., Royal paulownia. In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Coords). **Silvics of North America**. v. 2, Hardwoods. Agric. Handbk. 654. Washington, DC: USDA Forest Service, 1990. p. 501-502.

BORBA, A. M.; CORREA, R. M. Controle ambiental para enraizamento de estacas em clima sub-tropical. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 32, p. 760-761, 1983

BORGES JÚNIOR, N.; *et al.* Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. [611-615], jul./ago, 2004.

BORTHWICK, H. A.; TOOLE, E. H.; TOOLE, V. K. Phytocrome control of *Paulownia* seed germination. **Israel Journal of Botany**, v. 13, p. 122-133, 1964.

CASTRO, A. M.; KERSTEN, E. Influência do anelamento e estiolamento de ramos na propagação da laranjeira Valência (*Citrus sinensis* Osbeck) através de estacas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2, p. 199-203, 1996.

CHINESE ACADEMY OF FORESTRY STAFF. ***Paulownia in China***: cultivation and utilization. Ottawa: IDRC, 1986, 65 p.

COSTA JÚNIOR, W. H.; SCARPARE-FILHO, J. A.; BASTOS, D. C. Estiolamento da planta matriz e uso de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de goiabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 301-304, 2002.

CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, n.6, p.315-324, 2004.

DIAS, J. P. T. **Propagação de amoreira-preta (*Rubus spp.*) via brotação de estacas radiciais e enraizamento com a utilização de reguladores vegetais**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2011.

DÍAZ SALA, C.; *et al.* Maturation-related loss in rooting competence by stem cuttings: the role of auxin transport, metabolism and tissue sensitivity. **Physiologia Plantarum**, Victoria, v.97, n. 3, p. 481-490, 1996.

FACHINELLO, J. C. *et al.* **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1994. 179 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005, 221 p.



FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 22p. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc94.pdf>>. Acesso em: 27/02/2012.

FERRIANI, A. P. **Miniestaquia e quantificação de polifenóis em *Piptocarpha angustifolia* dusén ex. Malme**. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

GALVAO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivas e ambientais**. Brasília: Embrapa, 2000. 351 p.

GONTIJO, T. C. A. *et al.* Enraizamento de diferentes tipos de estacas de aceroleira utilizando ácido indol butírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 290-292, 2003.

GREENWOOD, M. S. Theoretical aspects of juvenility and maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SHANKLA, N. (eds.). **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**. Bordeaux: Colloque AFOCEL IUFRO, 1992.

GREENWOOD, M. S.; HUTCHISON, K. W. Maturation as an developmental process. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry: genetics and biotechnology**. Budapest: Springer-Verlag, 1993. p. 14-33.

HAAPALA, T. **Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile conditions**. 53 f. Dissertation (Department of Applied Biology Plant Breeding) - University of Helsinki, Finland, 2004.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. Adventitious root formation in cuttings. **Advances in Plant Sciences Series**, v. 2. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 11-28.

HACKETT, W. P.; MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. **Micropropagation in woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 93-105.

HARTMANN, H. T. *et al.* **Hartmann and Kerster's plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HEBERLE, M.; KIELSE, P.; BISOGNIN, D. A.; RAUBER, M. A. Estaquia de louro-pardo. In: 14ª JORNADAS TÉCNICA FORESTALES Y AMBIENTALES, 14., 2010. Misiones. **Anais...** Misiones: UNAM, 2010.

HELLER, J. **Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 1. ed. Rome: Institute of Plant Genetic Resources and Crop Plant Research: Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 66 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONCALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. IPEF. Circular Técnica, Piracicaba, n. 192. p. 01-11, out. 2000.

HOFFMANN, A. *et al.* **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 319 p.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1966. 485 p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KUMAR, M. B.; BARKER, R. E.; REED, B. M.: Morphological and molecular analysis of genetic stability in micropropagated *Fragaria* x *Ananassa* cv. Pocahontas. In: *Vitro Cellular & Developmental Biology*. **Plant**, v. 35 p. 254-258, 1999.

LIMA, J. D. *et al.* Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

LIMA, R. L. S. *et al.* Comprimento das estacas e parte do ramo para formação de mudas de pinhão- manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1234-1239, 2010.

LIMA, J. D. *et al.* Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indol butírico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 230-235, 2011.

LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil: Madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003.

MAYER, N. A.; PEREIRA, F. M. Enraizamento de estacas herbáceas de quatro clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) durante o inverno ameno, em Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 505-507, 2003.

MINDÊLLO NETO, U. R.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro, cultivar Jubileu, com imersão rápida em AIB. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 88-90, 2004.

MINDÊLLO-NETO, U. R. Estaquia herbácea de pessegueiro cv. Charme, em função de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e número de folhas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 27-29, 2006.

MONTERO CAMACHO J. I. Instalaciones y método de control climático: Refreigeración. In: DIAS-ALVAREZ, J. R., PEREZ PARRA, J. **Tecnología de invernaderos**. Almeria: (Curso Superior de Especialización) Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almeria, 1994, p. 199-218.

MURAIAMA, S. J. ; SAKAMOTO, N. **O fantástico quiri**. São Paulo: Nobel, 1976. 69 p.

OLIVEIRA, A. P.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E. O. Capacidade de enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de pessegueiro tratados com AIB. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 282-285, 2003.

OLIVEIRA, M. C. *et al.* **Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria**. Recomendação Técnica 41. Brasília: Embrapa, 2001. 4 p.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. (Série Cadernos Didáticos, 83)

PALANISAMY, K.; SUBRAMANIAN, K. Vegetative propagation of mature teak trees (*Tectona grandis* L.). **Silvae Genetica**, v. 50, p. 188-191, 2001.

PASQUAL, M. *et al.* **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.

PRESTON, D. J. Paulownia: miracle tree or passing fancy? **American forests**, v. 89, n. 5, p. 15-20, 1983.

REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; STEINMETZ, S. **Mudanças ambientais em casa de vegetação devido ao uso de tela de sombreamento e nebulização intermitentes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 21 p.

RICKLI, H. C. **Propagação de guaricica (*Vochysia bifalcata* Warm.) por sementes e estaquia caular**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SEITZ, R. **A poda de árvores urbanas**. Curitiba. 1996. 41p. (Série técnica FUPEF, 19).

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: Universidade de São Paulo - Departamento de Ciências Exatas, fev. 1999. p.46-70.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

SODRÉ, G. A. **Efeito do comprimento da miniestaca no crescimento de mudas de cacaueteiro**, p.44-54. In: Substratos e estaquia na produção de mudas de cacaueteiro. 2007. 84 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

TROBEC, M. *et.al.* Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock 'GiSelA 5' leafy cuttings. **Plant Physiology**, v. 162, p. 589-597, 2005.

TURNER, G. D.; LAU, R. R.; YOUNG, D. R. Effect of acidity on germination seedling growth of *Paulownia tomentosa*. **Journal of Applied Ecology**, v. 25, p. 561-567, 1988.

WANG, Q.; SHOGREN, J. F. **Characteristics of the Crop-Paulownia System in China**. Working paper 91-WP 84. Iowa State University, 1992.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Documentos 79. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p.

WENDLING, I. *et al.* Miniestacas de origem juvenil e adulta e concentrações de ácido indolbutírico na miniestaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4., 2006. Misiones. **Anais...** Misiones, 2006.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: UFV, 2002. 64 p.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA M. L. Enraizamento de miniestaca caular e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.

ZHU, Z. H.; LU, X. Y.; XIONG, Y. G. **Paulownia in china: Cultivation and utilization**. Singapore: Asia Network for Biological Science: International Development Research Centre, 1986. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/library/document/071235/071235c.htm>> Acesso em: 17/03/2012.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39 p.